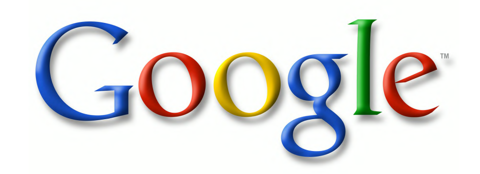
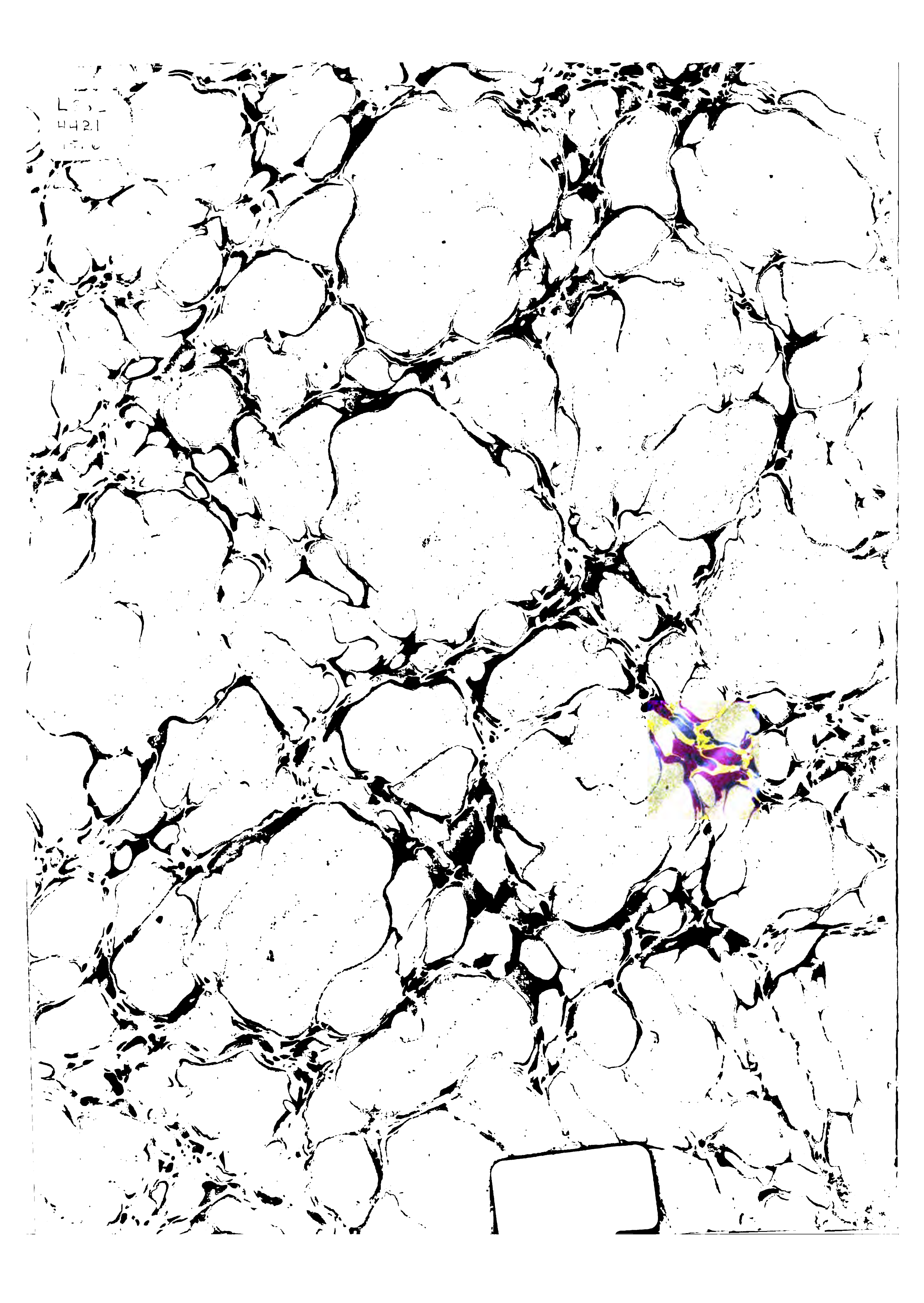
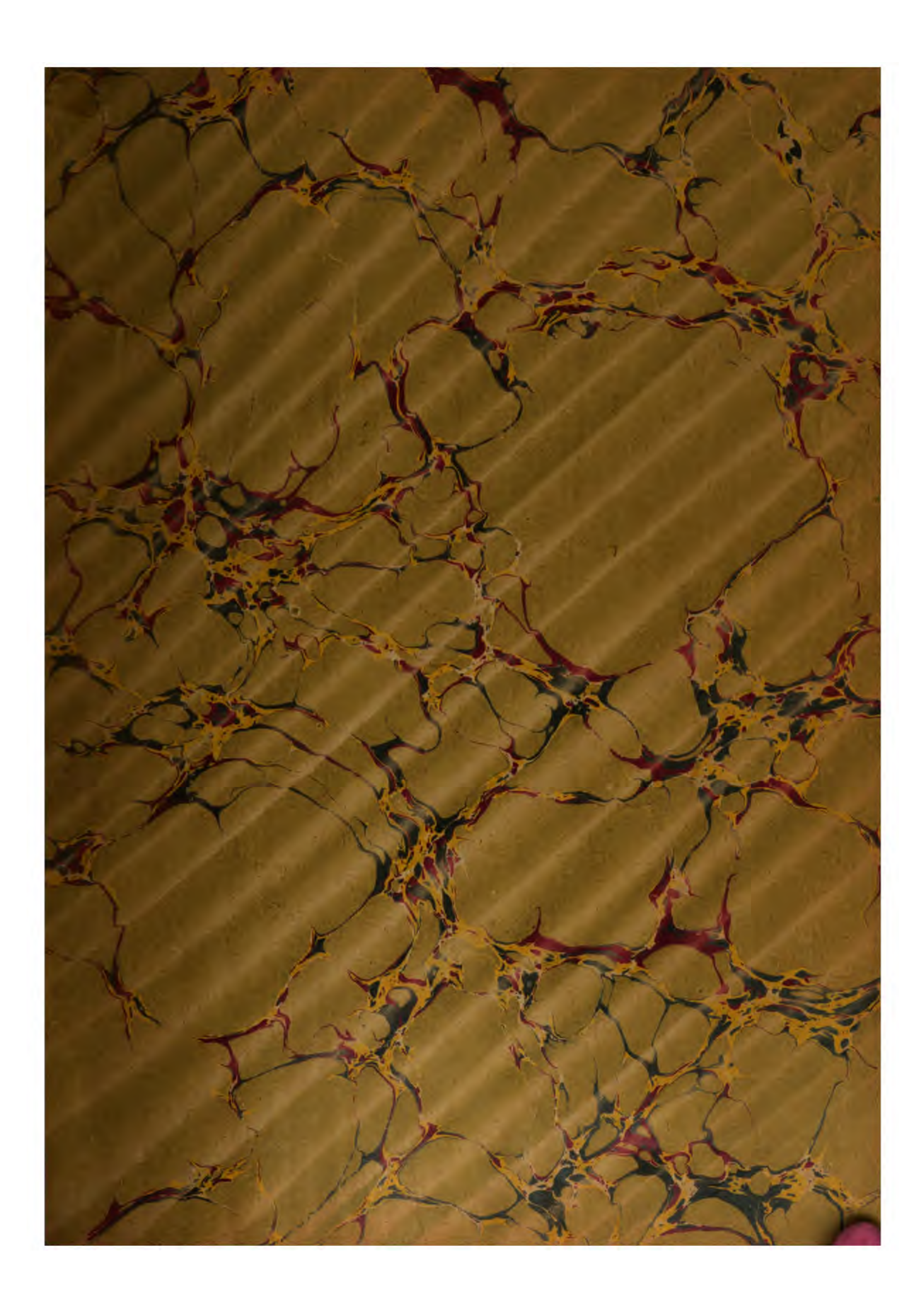





4421



MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

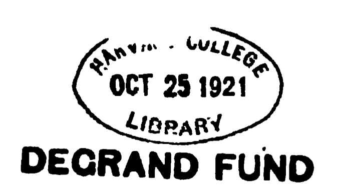
DE GENÈVE

VOLUME SUPPLÉMENTAIRE

CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

1891


OCT 25 1921
LIBRARY
DEGRAND FUND

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — N° 1.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

COUP D'ŒIL RÉTROSPECTIF

SUR LE

PREMIER SIÈCLE D'EXISTENCE

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

PAR

M. le Dr A.-H. WARTMANN

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1890

COUP D'ŒIL RÉTROSPECTIF

SUR LE

PREMIER SIÈCLE D'EXISTENCE

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Un siècle s'est écoulé depuis que la Société de physique et d'histoire naturelle a pris naissance. Si l'on jette un regard sur cette période, on s'aperçoit bien vite que, grâce au caractère assez intime de nos séances, on ne trouve, ni dans les journaux, ni dans les recueils périodiques, aucun renseignement sur la marche et le développement de notre Société, sur les détails de son organisation et les modifications qu'elle a subies. Aussi, pour en conserver la mémoire, et à l'occasion de notre premier jubilé séculaire, nous a-t-on demandé de rechercher et de grouper les souvenirs qui nous concernent, afin de permettre à ceux de nos futurs collègues que pourrait intéresser l'histoire de notre passé de retrouver consignés ici les principaux événements de notre existence.

Les sources, du reste peu nombreuses, auxquelles on peut s'adresser sont : nos *Archives*, dont plusieurs cahiers, à la suite des vicissitudes de déménagements successifs, ont été égarés; nos *Mémoires*, qui n'ont com-

mencé à paraître qu'en 1821; enfin les *Papiers particuliers* et la *Correspondance* des fondateurs ou des membres reçus dans les premiers temps de la Société. Malheureusement beaucoup de ces papiers de famille ont été détruits ou dispersés, et le plus grand nombre de ceux que j'ai pu consulter ne font pas mention des origines de la Société de physique. — En 1822, Pierre Vaucher, ministre du Saint Évangile et professeur de botanique, l'un des membres fondateurs de notre Société, fit paraître en tête de la seconde partie du premier volume de nos Mémoires une « Notice sur la Société de physique et d'histoire naturelle. » Nous aurons souvent l'occasion de citer ce travail.

A quelle époque exacte la Société de physique et d'histoire naturelle a-t-elle été fondée? Cette question a souvent été agitée parmi nous en ces derniers temps. Pour les uns c'est en 1790; pour les autres en 1791. Il est surprenant à première vue qu'on puisse être en désaccord sur une date qui ne remonte qu'à un siècle. Les deux opinions cependant peuvent se soutenir. Nous trouvons, en effet, au commencement du plus ancien volume de nos procès-verbaux :

« *Vendredi 5e Aoust 1791.*

Membres présents : Mrs Jurine, Tollot, Gosse et Vaucher.

Président, Mr GOSSE.

Les différentes personnes qui avaient résolu de former entr'elles une Société d'Histoire Naturelle s'étant réunies pour cet effet chez Mr Gosse, le premier objet dont elles s'ocupèrent fut l'élection d'un Secretaire et Mr Vaucher fut nommé. Le 2d objet fut la désignation des membres qui devaient former la Société : on convint que l'on regarderait comme membres actuels Mrs Tollot, Pictet, Jurine, Gosse, Colladon, Gaudy, et Vaucher et que l'on chargerait Mr Pictet de communiquer à Mr de Saussure fils aîné le choix que l'on avait fait de lui pour huitième membre[1].

[1] Voir le Rapport présidentiel de M. Hri de Saussure. *Mémoires de la Soc. de phys. et d'hist. nat.*, t. XXI, 1re part., p. 360 et suivantes.

L'on indiqua Mr Micheli de Versoix, et l'on renvoya de s'en occuper jusqu'à la première séance.

L'on fit ensuite la lecture de nos réglements qu'avait rédigés Mr Gosse. La Société en approuva un grand nombre, modifia ou retrancha les autres et chargea son secretaire d'une rédaction complettée pour la première séance.

Elle fut renvoyée à la 15ne, mais elle n'a pu avoir lieu par l'absence de Mr Jurine et de plusieurs autres membres. »

Cette pièce, qui paraît bien être le procès-verbal de la première séance, montre que la Société n'est entrée en activité qu'en 1791. Mais, par contre, Vaucher, l'un des fondateurs, dit péremptoirement dans sa Notice : La Société de physique et d'histoire naturelle fut fondée en 1790. En tête de la préface du tome Ier de nos Mémoires nous retrouvons cette même assertion. Or, comme cette préface a été écrite sous la responsabilité des membres du Comité de publication, qui était composé à cette époque de MM. Boissier, de Candolle, de la Rive, général Dufour, etc., et que la scrupuleuse exactitude qui présidait à tous les travaux de ces savants est notoire, nous sommes tenus de considérer la date de 1790 comme étant celle de la fondation de notre Société. Il existe encore d'autres documents en faveur de cette date de 1790 (entre autres le prospectus du libraire Paschoud, paru en 1820, annonçant qu'il se charge de l'impression de nos Mémoires, etc.). Il me paraît donc certain, et c'est là une opinion toute personnelle, que les naturalistes genevois, désireux de se réunir pour s'entretenir des sujets qui les préoccupaient, firent mutuellement en 1790 des démarches les uns auprès des autres afin de se constituer en Société, mais que, une fois la Société fondée, elle ne put, pour diverses raisons, avoir sa première séance officielle qu'en 1791. Cette période d'incubation remonte même à une époque antérieure à 1790, car les premiers diplômes imprimés font foi que la Société de physique et d'histoire naturelle fut établie à Genève en 1786. Mais, je le répète, il m'a été impossible de découvrir aucune preuve qu'il

y ait eu des séances avant 1791. Bien que cette date de 1790 pour notre naissance prête à la discussion, nous sommes obligés de la conserver, comme consacrée par la tradition.

La Société portait primitivement le nom de Société des naturalistes genevois. Elle se réunissait le second et le quatrième jeudi de chaque mois alternativement chez l'un de ses membres, qui présidait la séance et devait présenter un travail. Les absents étaient condamnés à une amende. Dès son origine, la Société élabora un règlement, nomma un secrétaire (Vaucher), un trésorier (Colladon), fixa à deux écus neufs la cotisation annuelle et chercha à se procurer les journaux scientifiques du temps. Le nombre de huit membres fondateurs étant bien restreint, elle se préoccupa d'en accroître le chiffre. On fit dans ce but des démarches auprès de MM. Micheli-de Châteauvieux, de Saussure père, Necker-de Saussure, Senebier, Le Fort et Tingry. La plupart acceptèrent, et les séances, auxquelles les fils des membres pouvaient aussi assister, devinrent plus nourries. Le président, sous sa propre responsabilité, invitait par carte imprimée les savants étrangers de distinction en passage à Genève à honorer les séances de leur présence. Leurs noms étaient inscrits dans un registre ad hoc. On ne tarda pas à nommer membres honoraires un certain nombre d'entre eux. — Dès la première année M. Jurine fit cadeau de son herbier à la Société; ce fut l'origine de nos collections. Un des premiers objets de l'activité de la Société fut la création d'un Jardin botanique sur l'emplacement qu'il occupe encore de nos jours. Elle y fit installer des couches et M. Micheli fit don d'une serre chaude. On se procura des plantes et des graines exotiques, et des cours de botanique y furent donnés sous les auspices de la Société par MM. Micheli et de Saussure.

Le représentant le plus éminent de la science genevoise à cette époque était Charles Bonnet. Ses connaissances encyclopédiques, ses convictions, qui l'avaient fait surnommer *le Philosophe chrétien*, ses nombreux écrits, dont les principaux forment à eux seuls 10 volumes in-4°, sa position personnelle jointe à celle de sa femme (née de la Rive), ses

relations suivies tant avec les principaux savants de son temps qu'avec les membres cultivés de la plus haute société étrangère, avaient rendu sa notoriété universelle. Aussi fut-il instamment sollicité d'accepter le titre de *Patron*, soit Président d'honneur de la nouvelle Société. Les lettres écrites à ce sujet par Vaucher à Charles Bonnet sont conservées parmi les papiers de ce dernier à la Bibliothèque publique. Voici la réponse de Charles Bonnet, dont nous possédons l'original dans nos archives :

De ma Retraite, le 26e Décembre 1791.

« Non, Messieurs, je ne serai pas *votre Patron;* ce n'est point à moi qu'il appartient de l'être; mais je serai votre Confrère, et en acceptant avec reconnoissance une Place dans votre nouvelle Société, je regretterai que l'accroissement de mes infirmités ne me permette pas de me livrer avec vous à l'étude de la Nature, de cette riche Nature qui m'a tant occupé dans ma jeunesse, et que je ne puis plus contempler que des yeux de l'esprit. Vous ne douterez pas, Messieurs, de l'intérêt vrai que je prendrai toujours au succès de vos recherches et du plaisir que je goûterai à y applaudir et à les méditer. Plus j'avois désiré qu'il s'établît dans notre Ville une Société d'Histoire Naturelle, et plus je me suis réjoui de la naissance de la vôtre. Vous formerez de bons Élèves, ceux-ci en formeront d'autres, et Genève sera, j'espère, une des Villes de l'Europe qui enrichiront le plus l'Histoire de la Nature.

« Agréés avec tous mes vœux pour le succès de vos nobles travaux, les assurances des sentimens pleins d'estime et de considération avec lesquels j'ai l'honneur d'être,

Messieurs,

Votre trés-humble et trés-obéissant serviteur,

BONNET. »

A deux reprises encore on le pria de revenir sur sa décision et Bonnet finit par accepter. Il mourut peu après (1793), sans que l'état de sa santé lui eût permis d'assister aux séances, mais il fit à la Société un legs

important de trois cents écus qui servit à l'entretien d'un jardinier et à quelques dépenses indispensables pour le nouveau Jardin botanique.

L'activité de la jeune Société se manifesta par une série de travaux dans le champ des sciences physiques et naturelles, travaux que Vaucher a résumés dans sa Notice historique. On étudia aussi la question d'un diplôme de réception et, après de nombreux essais, on fit exécuter un sceau définitif. Ce sceau a été remplacé en 1819 par un nouveau cachet gravé par Bovy.

A partir de 1792, la Société échangea son nom de Société des naturalistes genevois contre celui de Société genevoise d'histoire naturelle, puis, peu de temps après, contre celui de Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, qui a subsisté jusqu'à nos jours.

Sous l'impulsion d'Albert-Henri Gosse, l'un de nos fondateurs, deux autres sociétés, dont le but était très voisin du nôtre, prirent naissance à Genève. L'une, créée en 1803, reprit notre nom primitif et s'intitula Société des naturalistes. Ses membres fondateurs, qui appartenaient tous à la Société de physique et d'histoire naturelle, furent MM. Gosse, pharmacien, Guillaume De Luc, le prof. Jurine et Tollot. Mlle Christine Jurine, botaniste distinguée, suivait régulièrement ces séances, qui avaient lieu le premier mardi de chaque mois à 4 $^1/_2$ heures. chez chacun des membres à tour, et qui étaient précédées d'une légère collation. Le procès-verbal de la séance du 5 septembre 1803 indique que l'on reprenait les sujets traités dans la Société de physique et d'histoire naturelle (l'installation du nouveau jardin botanique, par exemple), que la Société des naturalistes n'avait pas pour but de ressembler dans ses séances à une société savante, mais à une société familière où pouvait se tenir toute conversation relative à l'histoire naturelle. L'article 11 de ses règlements portait : « Aucun des membres ni correspondants ne pourront admettre publiquement des principes religieux éloignés du Théisme, » et l'article 12 : « En conséquence la devise de la Société est : Pro Deo et Natura, pour prouver que la Société admet une Intelligence créatrice et ses créatures. » Souvent des travaux importants pour

l'époque furent lus dans le sein de cette Société, qui, en 1829, se fondit dans la Société de physique et d'histoire naturelle. Les papiers assez complets de la Société des naturalistes sont conservés dans nos archives.

La seconde de ces sociétés à l'origine desquelles se retrouve le nom de Gosse est la Société helvétique des sciences naturelles, fondée au Mont-Gosse en 1815. On peut considérer la Société de physique et d'histoire naturelle comme la section genevoise de la Société helvétique des sciences naturelles, non pas que tous les membres de celle-ci fassent partie de la Société de physique, mais pendant de longues années toutes les présentations genevoises à la Société helvétique étaient faites par l'entremise de la Société de physique. Cette dernière percevait aussi les contributions pour la Société helvétique et les faisait parvenir au trésorier central. Lorsque la Société helvétique s'est réunie à Genève, comme en 1845, 1865 et 1886, c'est généralement le Comité de la Société de physique qui a organisé la réception. Lors de la dernière réunion à Genève en 1886, les Sociétés de physique et helvétique réunies procédèrent entre autres à l'inauguration du modeste monument érigé à la mémoire de Albert-Henri Gosse à la promenade des Bastions. Chacun de nous se souvient encore de la somme de travail et des soins éclairés que notre regretté collègue M. le prof. Louis Soret avait apportés à l'entière réussite de cette fête.

A l'origine, l'une des deux séances mensuelles de la Société de physique était consacrée à l'exposition de travaux scientifiques, l'autre, dite séance particulière, était réservée aux décisions à prendre relativement à la marche intérieure de la Société, à la nomination des candidats, à la fixation de la contribution, etc. Souvent ces séances particulières étaient forcément très courtes, par manque de sujets de discussion, aussi se décida-t-on bientôt à les supprimer pendant les mois d'été, et enfin, depuis 1875, nous n'avons plus qu'une séance particulière à date fixe, qui est la seconde séance de janvier. Au commencement ou à la fin de toute séance ordinaire, la Société peut se former en séance particulière, à laquelle les membres seuls ont le droit d'assister.

Quand le nombre des membres ordinaires eut peu à peu augmenté, les séances ne purent plus avoir lieu à tour chez l'un d'entre eux, mais elles se tinrent dans un local spécial, qui était celui de la Société des Arts, au Calabri. En 1826, la Société se transporta au Musée académique (actuellement l'une des salles de la Société de Lecture, à la Grand'rue), et, depuis 1872, le lieu de nos séances est le salon de la Société des Arts, à l'Athénée. — Primitivement fixées au second et quatrième jeudi de chaque mois, nos séances furent dans la suite transportées au premier et troisième jeudi, et enfin, depuis 1834, les séances d'été n'ont lieu que le premier jeudi du mois. A partir de 1857, ces séances d'été se tiennent à 2 heures de l'après-midi. Celles d'hiver s'ouvrent à 7 heures. Depuis 1817, elles étaient précédées d'un thé à 6 $^1/_2$ heures. Cet usage fut aboli en 1872, repris en 1873, et définitivement supprimé en 1875. L'argenterie et les ustensiles nécessaires étaient possédés par la Société.

A partir du moment où la Société cessa de se réunir chez ses propres membres, on dressait au commencement de janvier la liste des personnes qui devaient lire un travail à telle réunion de l'année, et ce lecteur était président de la séance suivante. Depuis 1858, la fonction de président devint annuelle et l'on nomma un vice-président. Le président entrait en charge au commencement de juillet et au mois de juin suivant le vice-président lui succédait. En 1879, on décida que le changement de président aurait lieu en janvier. Le président d'alors (Élie Wartmann) occupa ce poste pendant dix-huit mois (1er juillet 1877 au 31 décembre 1879), et depuis lors le renouvellement du président et du vice-président a lieu au commencement de l'année. — En sortant de charge, le président est tenu de présenter à la Société un Rapport complet sur sa marche, sur tous les travaux qui lui ont été soumis, et il est d'usage d'y joindre une notice biographique sur ceux de nos collègues qui sont décédés dans l'année.

La Société de physique et d'histoire naturelle se compose de *membres actifs*, de *membres émérites* et de *membres honoraires*. Les membres actifs résident dans le canton. Leur nombre, limité à quarante en 1822, a été

porté à cinquante en 1863 et à soixante depuis 1878. Les membres émérites sont d'anciens membres ordinaires qui ont cessé de fonctionner comme tels (lorsque, par exemple, ils vont fixer leur résidence hors du pays). Les membres honoraires sont choisis parmi les savants de la Suisse et de l'étranger. Primitivement illimité, leur nombre a été fixé à soixante-dix en 1859 et à soixante depuis 1878. Les membres émérites et honoraires peuvent redevenir membres ordinaires lorsqu'ils sont de nouveau domiciliés à Genève. Enfin, à partir de 1860, et pour augmenter ses ressources pécuniaires, la Société s'est adjoint des *associés libres* sans nombre déterminé. La limite d'âge pour devenir associé libre, qui était d'abord de trentre ans révolus, a été abaissée à vingt-cinq ans en 1878. — Les différents règlements parus à l'origine, puis en 1808, en 1822, en 1858 et en 1878, fixent les devoirs et les droits des différentes catégories de membres. — Bien que les dames ne fréquentent pas habituellement nos séances, aucun article de nos règlements ne s'oppose à ce qu'elles fassent partie de notre Société, et nous avons eu l'honneur de compter parmi nos collègues Mme de Sommerville, mathématicienne qui vivait à Londres et qui fut membre honoraire de 1834 à 1873.

Nous avons vu que nos séances ont toujours été largement ouvertes aux étrangers. Primitivement, ils y étaient admis moyennant une carte imprimée que leur envoyait le président. Depuis 1858, tout membre de la Société peut introduire un étranger aux séances; il suffit de le présenter au président.

Un grand nombre des travaux originaux communiqués à la Société ont marqué un progrès dans les sciences et plusieurs d'entre eux ont eu du retentissement. Il serait difficile de n'en citer que quelques-uns, presque tous ayant une valeur réelle. Ils se rapportent à la physique, la chimie, la météorologie, aux mathématiques, à la mécanique, la zoologie, l'anatomie comparée, la botanique, la géodésie, la géologie, l'astronomie et la médecine. Originairement quelques-uns d'entre eux parurent dans des recueils scientifiques étrangers ou dans la *Bibliothèque*

britannique, devenue plus tard la *Bibliothèque universelle*, tandis que d'autres demeuraient dans l'oubli à l'état de manuscrits déposés dans nos archives. Pour remédier à cet état de choses, la Société de physiqne résolut définitivement en 1820 de faire paraître un recueil de *Mémoires* destiné à conserver les travaux originaux de ses membres et à les faire connaître à l'étranger par un échange avec les principales sociétés savantes. On créa dans ce but un *Comité de publication*, composé du Bureau de la Société auquel sont adjoints quatre autres membres élus au scrutin secret. Le secrétaire du Comité de publication porte le nom de *secrétaire correspondant* et peut être réélu indéfiniment. Le Comité de publication s'occupe de tout ce qui concerne le choix et l'impression des travaux à insérer dans les Mémoires. Dans ses attributions rentrent aussi la correspondance et l'échange de nos Mémoires avec les autres sociétés savantes; il préavise sur le choix des candidats et discute leurs titres; il prépare les élections du Bureau; il élabore les sujets qui doivent être soumis à la discussion; il organise les votations dans le sein de la Société, etc. Le tome premier de nos Mémoires, composé de deux demi-volumes, parut en 1821 et 1822. Depuis lors ils ont continué à être publiés par deux demi-volumes formant un tome, sauf pour le tome XXII, composé d'un seul volume uniquement consacré à des travaux d'Édouard Claparède. En 1890 a paru la deuxième partie du tome XXX. — Outre des travaux originaux, les Mémoires renferment les Rapports présidentiels, la liste des membres, la liste de leurs publications (t. XXVIII) et un Bulletin bibliographique. La publication de ces Mémoires, qui souvent renferment de nombreuses planches, est très coûteuse, bien que parfois les auteurs prennent à leur charge tout ou partie des frais; cela nous amène à parler de nos moyens d'existence.

Nos ressources sont fournies par les cotisations, par des dons généreux et par des legs plus ou moins considérables. Le chiffre de la cotisation est fixé chaque année selon les besoins. Dans les premières années, lorsque les membres se réunissaient les uns chez les autres, la contribution fut parfois nulle. Longtemps elle varia entre six, sept, huit, neuf et

douze francs. Depuis 1860 elle a été fixée chaque année à vingt francs, en donnant le droit à tout membre de recevoir gratuitement un exemplaire des Mémoires. En outre, dès 1829, notre Société fut officiellement reconnue par l'État comme « Société cantonale de Physique et d'Histoire naturelle, » et recevait annuellement de ce chef 2500 florins. Cette allocation, portée à 1400 francs lors de la transformation des monnaies, prit fin en 1854 et, à partir de cette époque, nous fûmes dégagés de tout rapport officiel avec l'État. De plus, les premiers ouvrages donnés à la Société de physique furent d'abord déposés à la Société de Lecture; depuis 1829, la Bibliothèque publique nous donna quatre cents francs par an pour les volumes reçus par nous et dont nous lui faisions abandon. Mais comme le nombre de ces ouvrages augmentait dans une très grande proportion, ensuite du retrait du subside de l'État une nouvelle convention fut passée en 1854 avec le Conseil administratif, d'après laquelle ce dernier donnait mille francs par an à la Société, à la condition que les livres et mémoires reçus par celle-ci iraient augmenter les collections de la Bibliothèque publique. De ces mille francs, cinq cents provenaient du budget cantonal et cinq cents du budget municipal. A partir de 1855, ce chiffre a été porté à douze cents francs. — En 1836, la Société de physique échangeait ses publications avec quarante-trois sociétés savantes étrangères : six d'Allemagne, quatorze de France, onze de Grande-Bretagne, cinq d'Italie, quatre du nord de l'Europe et trois d'Outre-mer. Actuellement l'échange se fait avec environ deux cents sociétés, académies ou établissements scientifiques de tous pays, sans compter les soixante ou soixante-dix brochures ou volumes dont les auteurs nous font directement hommage.

Depuis 1884, la Société de physique publie un « *Bulletin* » renfermant un résumé des travaux qui l'occupent. Ce Bulletin sert à l'échange avec les sociétés dont les publications annuelles n'ont pas l'importance de l'un des demi-volumes de nos Mémoires. De plus, à partir de 1883, un Compte rendu des séances paraît régulièrement dans les *Archives des sciences physiques et naturelles.*

Jusqu'en 1863, le dépôt de nos Mémoires et de nos archives était au Conservatoire botanique. A partir de ce moment, ce dépôt fut aussi transféré à la Bibliothèque publique, et, depuis que celle-ci s'est transportée en 1872 dans les nouveaux bâtiments universitaires, nous avons la jouissance d'un local suffisant et bien éclairé dans le sous-sol de l'édifice.

Les différentes collections que nous possédons ont été remises soit au Musée d'histoire naturelle, soit au Conservatoire botanique.

En 1841, Augustin-Pyramus de Candolle laissa à la Société de physique un capital de 2400 francs destiné à fonder un prix de cinq cents francs décerné tous les cinq ans, s'il y a lieu, à l'auteur de la meilleure monographie inédite d'un genre ou d'une famille de plantes.

Depuis 1886, la Société de physique dispose, moyennant 600 francs par an, d'une place au Laboratoire de zoologie de Villefranche. Elle peut y faire travailler une personne choisie par elle suivant le règlement édicté à cet effet.

Actuellement, la Société de physique et d'histoire naturelle compte cinquante-quatre membres ordinaires, quatre membres émérites, cinquante membres honoraires et trente-un associés libres. Encore tout dernièrement, elle a admis un certain nombre de nouveaux membres. Ces chiffres indiquent assez que nous sommes dans une période florissante. Nos séances sont suffisamment nourries, et bien que la nécessité actuelle pour les savants de se spécialiser soit peut-être un danger pour notre Société[1], par contre le besoin qu'éprouvent les spécialistes de compléter leur instruction en écoutant les représentants d'autres branches de la science exposer soit des idées générales, soit les méthodes nouvelles qu'ils appliquent à leurs recherches, est une raison qui nous permet de croire que notre Société aura à poursuivre son but encore pendant de belles et longues années. J'espère que la notice historique de 1990 en fera foi.

[1] Voir le Rapport présidentiel de M. Arthur Achard, t. XXIX, 2me partie.

Nous pensons qu'il peut être intéressant à un double point de vue de donner ici la liste des personnes qui ont occupé une charge dans la Société et celle de tous les membres depuis son origine jusqu'à nos jours. On pourra ainsi embrasser d'un seul coup d'œil les noms de tous ceux qui ont contribué à la renommée de la science genevoise et qui ont placé notre Société au rang honorable qu'elle occupe. Ensuite, le fait de retrouver à plusieurs reprises les mêmes noms de famille montre qu'à Genève, autant et peut-être plus qu'ailleurs, les lois de l'hérédité se vérifient, et que l'intérêt pour la science et ses progrès y est transmis et conservé comme un précieux héritage.

PRÉSIDENTS ANNUELS :

MM. Alfred GAUTIER (juillet 1857-juin 1858).
Auguste DE LA RIVE (1858-1859).
F[s]-Jules PICTET (1859-1860).
J[n]-Ét. DUBY (1860-1861).
Alphonse DE CANDOLLE (1861-1862).
François MARCET (1862-1863).
D[r] CHOSSAT (1863-1864).
Émile PLANTAMOUR (1864-1865).
D[r] L.-A. GOSSE (1865-1866).
Alphonse FAVRE (1866-1867).
Élie-F[s] WARTMANN (1867-1868).
D[r] H[ri]-Cl. LOMBARD (1868-1869).
J.-Louis SORET (1869-1870).
H[ri] DE SAUSSURE (1870-1871).
Émile GAUTIER (1871-1872).
Auguste DE LA RIVE (1872-1873).
Alphonse DE CANDOLLE (1873-1874).
Émile PLANTAMOUR (1874-1875).

MM. Jean MÜLLER (1875-1876).
Alphonse FAVRE (1876-1877).
Élie-F[s] WARTMANN (1[er] juillet 1877-31 décembre 1878).
J.-Louis SORET (1879).
Philippe PLANTAMOUR (1880).
Henri DE SAUSSURE (1881).
Casimir DE CANDOLLE (1882).
Charles CELLÉRIER (1883).
Paul CHAIX (1884).
Arthur ACHARD (1885).
D[r] J[n]-Louis PREVOST à la place de Marc MICHELI empêché (1886).
Victor FATIO (1887).
D[r] Hippolyte GOSSE (1888).
Marc MICHELI (1889).
Lucien DE LA RIVE (1890).

SECRÉTAIRES :

MM. VAUCHER (1791).
COLLADON-MARTIN (1810-1820).
D[r] H.-A. GOSSE (1820-1827).
J.-D. CHOISY (1827-1833).
F[s]-Jules PICTET (1833-1837).
Ed. MALLET (1837-1840).

MM. Elie RITTER (1840-1858).
L[s] SORET (1858-1869).
Édouard CLAPARÈDE (1859-1862).
Alexandre PREVOST (1862-1869)
Édouard SARASIN (1869 à aujourd'hui).

TRÉSORIERS :

MM. J.-A. Colladon (1817-1820).
J. Peschier (1820-1829).
Ant^ne^-Pyr. Morin (1829-1831).
H^ri^-Cl. Lombard (1832-1833).

MM. L^s^-F^s^ Wartmann (1834-1858).
Alphonse Favre (1858-1866).
Philippe Plantamour (1866-1879).
Émile Gautier (1879 à aujourd'hui).

SECRÉTAIRES CORRESPONDANTS :

MM. J^n^-L^s^ Prevost (1820-1823).
G. Maurice (1824-1826).
J.-F^s^ Macaire (1827-1832).
Al. Marcet (1833-1840).

MM. Alphonse de Candolle (1841-1849).
Ch. de Marignac (1849-1879).
Aloïs Humbert (1879-1887).
Albert Rilliet (1887 à aujourd'hui).

MEMBRES ORDINAIRES :

1790[1]. Henri-Albert Gosse, docteur en médecine.
Vaucher, pasteur, professeur de théologie et de botanique (1763-1841), tome X, p. 24.
Tollot, naturaliste.
Marc-Auguste Pictet, professeur de physique, membre correspondant de l'Institut de France (Académie des sciences), (1752-1825), tome III, préface, 2me partie.
Jurine, zoologiste.
Jean-Antoine Colladon, pharmacien et chimiste (1758-1830), tome V, p. 1.
Gaudy, botaniste.

1791. Horace-Bénédict de Saussure, géologue, membre correspondant de l'Institut.
Théodore de Saussure, professeur de minéralogie, membre correspondant de l'Institut (1767-1845), tome XI, p. 8.
Senebier, botaniste.
Jaques Necker-de Saussure, ancien syndic, professeur de botanique (1758-1823), tome III, préface, 2me partie, p. 1.
Charles Bonnet, naturaliste, associé étranger de l'Académie des sciences de Paris.

1792. Tingry, chimiste.
Louis Odier, docteur-médecin.
Maurice-Diodati, professeur de mathématiques.

1793. Michel Micheli-de Chateauvieux, maréchal de camp et botaniste (1751-1830), tome V, p. 4
G.-Ant. De Luc, minéralogiste.

[1] La date qui précède le nom est celle de la réception dans la Société. Celles qui suivent sont celles de la naissance et de la mort. Les indications bibliographiques se rapportent aux notices biographiques contenues dans nos Mémoires.

1795. François HUBER, naturaliste, membre correspondant de l'Institut (1750-1823), tome V, p. 6.
1798. Pierre PREVOST, professeur de philosophie, membre correspondant de l'Institut (1751-1839), tome X, p. 15.
Henri BOISSIER, professeur de littérature et d'archéologie (1762-1845), tome XI, p. 1.
1799. Augustin-Pyramus DE CANDOLLE, professeur de botanique, associé étranger de l'Académie des sciences (1776-1841), tome X, p. 26.
Jean-Pierre MAUNOIR, docteur et professeur, membre correspondant de l'Institut (1768-1861), tome XVI, p. 214.
1800. Gaspard DE LA RIVE, physicien (1770-1834), tome X, p. 12.
1802. Jean-François BERGER, docteur en médecine (1779-1833), tome X, p. 6.
Alexandre MARCET, docteur-médecin, professeur honoraire de chimie, membre de la Société royale de Londres (1770-1822), tome II, préface de la 2me partie.
1804. Charles-Victor DE BONSTETTEN (1745-1832), tome V, p. 12.
1805. Pierre HUBER, naturaliste (1777-1840), tome X, p. 18.
1808. Louis-Alb. NECKER, professeur de minéralogie (1786-1861), tome XVI, p. 462.
Jean-Pierre PICTET, professeur honoraire de physique à l'Académie de Genève (1777-1857).
1812. Jean-André DE LUC, naturaliste (1763-1847), tome XI, p. 12.
1816. Jaques PESCHIER, pharmacien (1769-1832), tome V, p. 8.
1817. Louis PERROT-DE POURTALÈS, naturaliste (1785-1865), tome XVIII, p. 134.
André-Louis GOSSE, docteur en médecine (1791-1873), tome XXIII, p. 462.
Fs-Isaac MAYOR, docteur en chirurgie (1779-1854), tome XIV, p. 8.
1818. Jean-Alfred GAUTIER, professeur d'astronomie (1793-1881), tome XXVIII, p. 4.
Moïse-Étienne MORICAND, horloger et naturaliste (1779-1854), tome XIV, p. 16.
1819. Frédéric-Jacob SORET, minéralogiste (1795-1865), tome XVIII, p. 437.
Guill.-Hri DUFOUR, général (1787-1875), tome XXIV, p. 675.
Sébastien JURINE, naturaliste.
1820. Isaac-François MACAIRE, professeur de chimie médicale (1796-1868), tome XX, p. 330.
César-Hippolyte BACLE, capitaine.
1821. Jaques-Denis CHOISY, pasteur et professeur (1799-1859), tome XV, p. 502.
Nicolas-Charles SERINGE, professeur de botanique à Lyon.
Jean-Baptiste DUMAS, professeur de chimie à Paris, membre de l'Institut.
Auguste LE ROYER, pharmacien (1793-1863), tome XVII, p. 262.
Jean-Louis PREVOST, docteur en médecine (1790-1850), tome XII, p. 493.
Charles COINDET, docteur en chirurgie.
Frédéric COLLADON, docteur en médecine.
1822. Auguste DE LA RIVE, professeur de physique, associé étranger de l'Académie des sciences de Paris (1801-1873), tome XXIII, p. 465.
1823. François MARCET, physicien (1803-1883), tome XXVIII, 2me partie, p. 2.
1824. George MAURICE, Dr ès sciences et professeur de mécanique (1799-1839), tome X, p. 14.
1825. Daniel COLLADON, professeur de mécanique, membre correspondant de l'Institut.
1827. Antoine MORIN, pharmacien (1800-1879), tome XXVII, p. 3.

1828. Alphonse-P. DE CANDOLLE, professeur de botanique, associé étranger de l'Académie des sciences de Paris.
Jean-Étienne DUBY, pasteur et botaniste (1798-1885), tome XXIX, 2me partie, p. 50.
1830. Hri-Clermont LOMBARD, docteur en médecine.
Charles CHOSSAT, docteur en médecine (1796-1875), tome XXIV, p. 375.
1832. François-Jules PICTET-DE LA RIVE, professeur de zoologie, membre correspondant de l'Institut (1809-1872), tome XXI, p. 595.
Louis-François WARTMANN, astronome (1793-1864), tome XVII, p. 620.
1833. Édouard MALLET, avocat.
1835. Marc-Jacob D'ESPINE, docteur en médecine (1806-1860), tome XV, p. 505.
1836. Jean-François BIZOT, docteur en chirurgie (1804-1885), tome XXIX, 2me partie, p. 38.
1837. Étienne MELLY, naturaliste (1807-1863), tome XVII, p. 260.
1838. Paul CHAIX, professeur de géographie.
Pierre-Edmond BOISSIER, botaniste, membre correspondant de l'Institut (1810-1885), tome XXIX, 1re partie, p. 38.
1839. Élie RITTER, docteur ès sciences mathématiques (1801-1862), tome XVI, p. 450.
1840. Émile PLANTAMOUR, professeur d'astronomie, membre correspondant de l'Institut (1815-1882). tome XXVIII, p. 67.
Pyrame-Louis MORIN, pharmacien (1815-1864), tome XVIII, p. 161.
1841. Charles CELLÉRIER, professeur de mécanique (1818-1889).
Alphonse FAVRE, professeur de géologie, membre correspondant de l'Institut (1817-1890).
1842. Charles DE MARIGNAC, professeur de chimie, membre correspondant de l'Institut.
Philippe PLANTAMOUR, chimiste.
George-Fs REUTER, botaniste (1806-1872), tome XXI, p. 599.
1843. Alexandre-Pierre PREVOST, Dr ès sciences physiques et naturelles (1821-1873), tome XXIII, p. 462.
1849. Élie WARTMANN, professeur de physique, membre de la Société royale de Londres, des Académies de Munich, Turin, Naples, etc. (1817-1886), tome XXIX, 2me partie, p. 38.
1853. Henri DE SAUSSURE, entomologiste.
Émile GAUTIER, colonel et astronome.
1854. Louis SORET, professeur de physique, membre correspondant de l'Institut (1827-1890).
Marc THURY, professeur de botanique.
1857. Édouard CLAPARÈDE, professeur de zoologie (1832-1871), tome XXI, p. 363 et tome XXII, p. 1 et 589.
1861. Casimir DE CANDOLLE, botaniste.
Perceval DE LORIOL, paléontologiste.
1862. Aloïs HUMBERT, zoologiste (1832-1887), tome XXX, p. 18.
Jean MÜLLER, docteur ès sciences, professeur de botanique.
1863. Henri DOR, médecin oculiste.
Charles GALOPIN, docteur ès sciences, professeur de mathématiques.
Adolphe PERROT-TURRETTINI, physicien (1833-1887), tome XXX, 1re partie, p. 14.
Lucien DE LA RIVE, physicien.
1864. Victor FATIO, docteur ès sciences, zoologiste.
Marc DELAFONTAINE, chimiste.
1865. Arthur ACHARD, ingénieur.

1866. Édouard PICTET-MALLET, lieutenant-colonel et entomologiste (1835-1879), tome XXVII, p. 5.
1867. Marc MICHELI, botaniste.
Godefroy LUNEL, zoologiste.
1868. Jean-Louis PREVOST, docteur-médecin, professeur.
1869. Henri DE LA HARPE, mathématicien (1809-1880), tome XXVII, 2me partie, p. 3.
Édouard SARASIN-DIODATI, physicien.
Ernest FAVRE, géologue.
Auguste WALLER, Dr en médecine et physiologiste (1815-1870), tome XXI, p. 339.
Eugène RISLER, chimiste.
Raoul PICTET, physicien.
1870. Hermann FOL, professeur de zoologie (démissionné en 1889).
1873. Émile ADOR, professeur de chimie.
Edmond SARASIN, ingénieur (1843-1890).
William BARBEY, botaniste.
1874. Adolphe D'ESPINE, docteur en médecine, professeur.
Eugène DEMOLE, chimiste.
1876. Théodore TURRETTINI, ingénieur et lieutenant-colonel.
Pierre DUNANT-COLLADON, docteur en médecine, professeur.
1877. Maurice SCHIFF, professeur de physiologie.
Gustave JULLIARD, professeur de chirurgie (démissionné en 1887).
Frédéric-Guillaume ZAHN, professeur d'anatomie pathologique.
1878. Jaques BRUN, pharmacien et professeur de matière médicale.
1879. J.-M. CRAFTS, chimiste.
Charles GRÆBE, professeur de chimie.
Albert-Aug. RILLIET, professeur de physique.
1880. Charles SORET, professeur de physique.
Auguste-Hri WARTMANN-PERROT, docteur-médecin.
1881. Wilhelm MEYER, astronome.
Denys MONNIER, professeur de chimie.
1882. Louis LOSSIER, chimiste.
Gustave CELLÉRIER, mathématicien.
1883. Raoul GAUTIER, professeur d'astronomie.
Hippolyte-J. GOSSE, professeur de médecine légale.
1884. Maurice BEDOT, zoologiste.
1885. Arthur BOLLES-LEE, zoologiste.
A. KAMMERMANN, astronome.
1887. Amé PICTET, chimiste.
1888. Alphonse PICTET, zoologiste.
Robert CHODAT, professeur de botanique.
1889. Henri GIRARD, docteur-médecin, physiologiste.
Alexandre LE ROYER, chimiste.
Louis DUPARC, professeur de minéralogie.
Louis PERROT, physicien.
Eugène PENARD, zoologiste.

1889. Ch.-Eugène GUYE, physicien.
Émile BURNAT, botaniste.
1890. Paul VAN BERCHEM, chimiste.

MEMBRES ÉMÉRITES :

1799. Jean-Pierre MAUNOIR, professeur d'anatomie et de chirurgie (1768-1861), tome XVI, p. 214.
1805. Pierre HUBER, naturaliste (1762-1840), tome X, préface p. 18.
1808. Louis-Albert NECKER, professeur de minéralogie (1786-1861), tome XVI, p. 452.
1817. Louis PERROT-DE POURTALÈS, naturaliste (1785-1865), tome XVIII, p. 134.
1819. Frédéric-Jacob SORET, minéralogiste (1795-1865), tome XVIII, p. 437.
Sébastien JURINE, naturaliste.
1820. Isaac MACAIRE-PRINSEP, professeur de chimie médicale (1796-1868), tome XX, p. 330.
César BACLE, capitaine.
1821. Jean-Baptiste DUMAS, professeur de chimie, à Paris.
Ls-Théod.-Fréd. COLLADON, docteur en médecine (1792-1862), tome XVI, p. 456.
Nicolas-Charles SERINGE, professeur de botanique, à Lyon.
1863. Henri DOR, docteur-médecin, à Lyon.
1864. Marc DELAFONTAINE, chimiste, à Chicago.
1869. Raoul PICTET, professeur de physique, à Berlin.
1882. Eugène RISLER, directeur de l'Institut agronomique, à Paris.

MEMBRES HONORAIRES :

1791. WITTEMBACH, pasteur et directeur du musée à Berne.
1792. WILDS, naturaliste.
FLEURIAN DE BELLE-VUE, à la Rochelle.
EXCHAQUET, naturaliste.
DUFRÈNE, de la Tour (Saint-Jeoire).
DAVAL, naturaliste.
1793. MAURICE-DIODATI, professeur de mathématiques.
L'abbé SPALLANZANI, zoologiste.
1801. VOLTA, professeur à l'Université de Pavie.
1804. STRUVE, professeur à l'Académie de Lausanne.
1805. DE HUMBOLDT (le baron Alexandre), (1805-1859), tome XV, p. 256.
1806. DUTENS, officier du génie.
1810. CHLADNI, le docteur, physicien.
LAMOUROUX, professeur d'histoire naturelle, à Caen.
1812. DUMÉRIL, professeur à la Faculté de médecine, à Paris.
D'HOMBRES-FIRMAS, maire d'Alais.
1813. Marcel DE SERRES, professeur de minéralogie, à Montpellier.
1814. AMPÈRE, professeur à l'École polytechnique, à Paris.
1816. RISSO, pharmacien, à Nice.

1817. De Clairville, à Winterthour.
Boué, Ami, physicien (1794-1881), t. XXVIII, p. 15.
Aimé Martin, à Paris.
Lainé, ancien directeur des mines de Servoz, à Lausanne.
1818. Adams (Williams), oculiste, à Londres.
Dellcross, ingénieur-géographe, à Paris.
Dunal, Félix, docteur en médecine, à Montpellier.
De Gélieux, pasteur, dans le canton de Neuchâtel.
Johnson (le docteur), à Bristol.
Hollandre, professeur d'histoire naturelle, à Metz.
De Tschudy (le baron), à Metz.
1819. Héron de Ville-Fosse, conseiller d'État, à Paris.
Breislack (Scipion), inspecteur des poudres et salpêtres, à Milan.
De la Bèche, membre de la Société géologique de Londres.
Schranck, professeur de botanique, à Munich.
Sterler, professeur de botanique, à Nymphemburg.
1820. Chisholm, docteur en médecine, à Edimbourg.
Pelletier, docteur ès sciences, à Paris.
Ferrara (l'abbé), à Palerme.
Ranzani (l'abbé), professeur d'histoire naturelle, à Bologne.
1821. De Martius (Ch.-Frédér.-Philippe), botaniste, à Munich (1794-1868), tome XX, p. 332.
Balbis, professeur de botanique, à Lyon.
Bigot de Morogne, à Orléans.
Meckel, professeur d'anatomie et de physiologie, à Halle.
Audouin, membre de la Société philomatique, à Paris.
La Coste, membre de la Société géologique d'Auvergne († 1825).
S. A. R. le prince Christian de Danemark.
1822. S. A. I. le prince Léopold de Toscane, physicien († 1870), t. XX, p. 544.
Tiedemann, professeur, à Heidelberg.
Taddei, professeur de chimie organique, à Florence († 1860).
Brongniart (Adolphe), professeur de botanique au Museum, à Paris († 1875), tome XXIV, p. 676.
Nicolet, astronome, à Paris.
1823. Nicati, docteur en médecine, à Vevey († 1878), tome XXVI, p. 29.
Schærer, pasteur, à Berne.
Desfontaines, membre de l'Institut, à Paris.
Arago, astronome, membre de l'Institut, à Paris.
Fresnel, physicien, à Paris.
Kunth (Ch.-Sigismond), professeur, à Berlin.
Richard (Achille), docteur en médecine, à Paris.
De Saint-Hilaire (Auguste), géologue et botaniste, à Orléans.
Brard, directeur des mines, à Carcassonne.
Amici, professeur de physique, à Modène.
1824. Bellani (Angeli), physicien, à Milan.

1824. Desmarets, professeur de zoologie, à Paris.
Salvi (Paolo), professeur d'histoire naturelle à l'Université de Pise.
Zamboni, professeur de physique, à Vérone.
1825. Bouvard (Alexis), astronome, membre de l'Institut de Paris.
Colla (Aloysius), professeur à l'Université de Turin.
De Laizer (Louis), de Clermont.
1827. Babbage, mathématicien, de la Société royale de Londres (1792-1871), tome XXI, p. 592.
Nees d'Esembeck, président de la Société des curieux de la nature, à Breslau.
1829. Cambessédès, Jaques, botaniste, à Paris.
De la Sagra (don Ramon), directeur du Jardin botanique de la Havane (1801-1871), tome XXIII, p. 478.
Filhon, ingénieur-géographe, à Paris.
Gambart, astronome, à Marseille.
1830. Daubeny (Charles), professeur de botanique, à Oxford (1795-1868), tome XIX, p. 587.
Quételet (Jacques-Adolphe-Lambert), astronome, à Bruxelles (1796-1874), tome XXIII, p. 480.
Guillemin, botaniste, à Paris.
1831. Becquerel (Antoine-César), physicien, membre de l'Académie des sciences de Paris (1788-1878), tome XXVI, 2me partie, p. 29.
1832. Des Moulins (Charles), président de la Société linnéenne, à Bordeaux († 1876), tome XXIV, p. 676.
Melloni (Macédoine), physicien, à Parme.
1833. Lindley, botaniste, à Londres.
Rousseau (Emmanuel), Dr-médecin, chef des travaux anatomiques au Jardin des plantes, à Paris.
Forbes, professeur de géologie, à Édimbourg (1809-1868), tome XX, p. 334.
Basite Hall, capitaine de la marine anglaise, à Londres.
1834. Gené, professeur et directeur du Museum d'histoire naturelle, à Turin.
Matteucci, physicien, à Forli (1811-1868), tome XX, p. 333.
Madame de Sommerville, mathématicienne, à Londres († 1873), tome XXIII, p. 237.
Mougeot, docteur en médecine et botaniste, à Bruyères (Vosges).
1835. Brown (Robert), à Londres.
1837. Sturm (Charles), mathématicien, membre de l'Académie des sciences, à Paris.
Moquin, professeur de botanique, à Toulouse.
Lea (Isaac), naturaliste, à Philadelphie (1792-1886), tome XXIX, 2me partie, p. 46.
1838. Desjardins (Julien), secrétaire de la Société d'histoire naturelle, à l'île Maurice.
Hess, membre de l'Académie impériale des sciences, à Saint-Pétersbourg.
Soyer-Willemet, bibliothécaire de la ville de Nancy.
1839. Agassiz (Louis-Jean-Rodolphe), professeur d'histoire naturelle, à Neuchâtel (1807-1873), tome XXIII, p. 470.
Bonaparte (Charles), prince de Musignano, naturaliste, à Rome.
1840. Wartmann (Élie-Franç[s]), professeur de physique, à Lausanne (1817-1886), tome XXIX, 2me partie, p. 38.
Godeffroy (Charles), à Hambourg.

1841. DE MENABREA (L.-F.), membre de l'Académie royale de Turin.
PLATEAU (Joseph), professeur de physique, à Gand (1801-1883), tome XXVIII, 2me partie, p. 6.
1842. MONTAGNE, docteur, botaniste, à Paris.
1845. FARADAY (Michel), physicien, à Londres (1784-1867), tome XIX, p. 586.
MARTINS (Charles), géologue, à Paris.
VALZ (Benjamin), à Marseille.
1846. SISMONDA (Angelo), géologue, à Turin.
STUDER (Bernard), géologue, à Berne (1794-1887), tome XXX, p. 29.
1847. COLLA (Antoine), à Parme.
D'ESPINE (le chevalier Joseph), à Turin.
1848. DE CHARPENTIER, géologue, à Bex.
HERSCHELL (Sir John), astronome, à Londres (1792-1871), tome XXI, p. 586.
1849. BRUNNER (Charles), entomologiste, à Berne.
MURCHISSON (Rodolphe-Impey), géologue, à Londres (1792-1871), tome XXI, page 591.
SCHÖNBEIN, professeur de chimie, à Bâle.
1850. LLOYD (Humphrey), physicien, à Dublin.
GRAY (Asa), professeur de botanique, à Philadelphie (1810-1888), tome XXX, 2me partie, p. 40.
1852. DUCHENNE, docteur en médecine, à Boulogne.
1854. WERTHEIM, G., physicien, à Paris.
VERDET (Émile), physicien, à Paris.
1856. DELESSERT (François), naturaliste, à Paris.
SAINTE-CLAIRE DEVILLE (Henri), chimiste, à Paris (1818-1881), tome XXVIII, p. 11.
1859. MARCOU (Jules), géologue, à Salins.
AIRY BIDDEL, astronome, à Londres.
TYNDALL (John), physicien, à Londres.
FOUCAULT (Léon), physicien, à Paris (1819-1868), t. XIX, p. 586.
DESCLOIZEAUX (Alfred), minéralogiste, à Paris.
PLANA (Giovanna), mathématicien, à Turin.
SECCHI (le Père), astronome, à Rome († 1878), tome XXVI, p. 29.
VOLPICELLI (Paolo), physicien, à Rome (1804-1879), tome XXVII, p. 8.
MAGNUS (Gustave), physicien, à Berlin (1802-1870), tome XX, p. 545.
RIESS (Peter), physicien, à Berlin (1804-1883), tome XXVIII, 2me partie, p. 8.
DOVE (H.-W.), météorologiste, à Berlin.
DU BOIS-REYMOND (Emile), professeur de physiologie, à Berlin.
ESCHER DE LA LINTH (Arnold), géologue, à Zurich († 1873), tome XXIII, p. 238.
HEER (Oswald), botaniste et géologue, à Zurich (1809-1883), tome XXVIII, 2me partie, p. 7.
MOUSSON (Albert), physicien, à Zurich.
MERIAN (Peter), géologue, à Bâle.
SCHIMPER (W.-Phil.), botaniste, à Strasbourg.
1861. WOLFF (Rodolphe), professeur d'anatomie, à Zurich.
1864. KÖLLIKER (A. von), physiologiste, à Würzbourg.
VALENTIN (Gabriel), professeur de physiologie, à Berne (1810-1883), tome XXVIII, 2me partie, p. 10.
DUFOUR (Louis), professeur de physique, à Lausanne.

1864. MARCET (William) docteur-médecin, physiologiste, à Londres.
LORY (Charles), géologue, à Grenoble.
DESOR (E.), géologue, à Neuchâtel.
BERTHELOT (Marcelin), chimiste, à Paris.
MORIN (Arthur-Jules), général et mathématicien, à Paris.
1866. DE CALIGNY (Anatole), physicien, à Versailles.
MORSE (Samuel-Benjamin), électricien, à Philadelphie (1791-1872), tome XXI, p. 598.
1868. BERNARD (Claude), professeur de physiologie, à Paris (1813-1878), tome XXVI, 2me partie, p. 19.
1869. PLATEAU (Félix), professeur de zoologie, à Gand.
HAGENBACH (Édouard), professeur de physique, à Bâle.
LISSAJOUS (J.-A.), physicien, à Paris.
1870. FALSAN (Albert), géologue, à Lyon.
CHANTRE (Ernest), géologue, à Lyon.
HIRSCH (Adolphe), astronome, à Neuchâtel.
REGNAULT (Victor), physicien, à Paris (1810-1878), tome XXVI, 2me partie, p. 29.
DE NOTARIS (Gios.), professeur de botanique, à Gênes (1805-1877), tome XXV, p. 353.
FÉE (Ant.-Laurent-Apollinaire), professeur de botanique, à Strasbourg (1789-1874), tome XXIII, p. 479.
CAP (P.-A.), pharmacien, à Paris (1788-1878), tome XXVI, 2me partie, p. 29.
1871. HENRY (Joseph), professeur, à Washington († 1878), tome XXVI, 2me partie, p. 29.
BLASERNA (Pierre), physicien, à Rome.
GUÉNÉE (Achille), entomologiste, à Châteaudun († 1880), tome XXVII, 2me partie, p. 3.
1872. KÜHNE (William), anatomiste, à Heidelberg.
SCUDDER (Samuel), physiologiste, à Boston.
CAZIN (A.), physicien, à Paris († 1878), tome XXVI, 2me partie, p. 29.
1874. FOREL (François-A.), professeur d'anatomie, à Morges.
POGGENDORFF (J.-C.), physicien, à Berlin (1796-1877), tome XXV, p. 354.
CORNU (A.), professeur de physique, à Paris.
1875. MAUNOIR (Charles), géographe, à Paris.
LOCKYER (J.-Norman), astronome, à Londres.
1876. RENEVIER (Eugène), géologue, à Lausanne.
RUTIMEYER (Louis), zoologiste, à Bâle.
HAYDEN (F.-W.), à Washington.
1879. LANGLEY (Samuel-P.), astronome, à Allegheny (Pennsylvanie).
1880. BŒYER, général, mathématicien et géodésiste, à Berlin.
IBANEZ (Charles), général, géographe, à Madrid.
FAYE (Hervé-Auguste-St-Albans), astronome, membre de l'Institut, à Paris.
YVON-VILLARCEAU (Ant.-Jos.-Franç.), ingénieur et mathématicien, à Paris (1813-1883), tome XXVIII, 2me partie, p. 10.
MAYO (E.), général, mathématicien, à Florence.
OPPOLZER (Théod. von), professeur d'astronomie, à Vienne (1841-1886), tome XXIX, p. 39.
BRUHNS (Carl.-Christ.), astronome, à Leipzig.
PETERS (Christ.-Aug.-Fr.), astronome, à Kiel († 1880), tome XXVII, 2me partie, p. 2.

1880. ADAN (E.), colonel, géodésiste, à Bruxelles.
FRIEDEL (Charles), chimiste, membre de l'Institut à Paris.
AGASSIZ (Alexandre), zoologiste, à Cambridge (Massachussetts).
1881. RESPIGHI (Lorenzo), astronome, à Rome.
1882. MELSENS (L.-H.-F.), professeur de chimie, à Bruxelles (1808-1886), tome XXIX, 2me partie, p. 44.
1883. COULON (Louis), géologue, à Neuchâtel.
DE HELDREICH (Théodore), botaniste, à Athènes.
DUFOUR (Henri), professeur de physique, à Lausanne.
1884. DE WROBLEWSKY (Sigismond), professeur de physique, à Cracovie (1845-1888), tome XXX, 2me partie, p. 57.
CAILLETET (L.), physicien, à Paris.
HEIM (Albert), géologue, à Zurich.
CRAMER (K.-Ed.), botaniste, à Zurich.
BILLWILLER (Robert), météorologiste, à Zurich.
DUFOUR (Charles), astronome, à Morges.
1886. DE LACAZE-DUTHIERS (H.), zoologiste, à Paris.
HERZEN (Alexandre), professeur de physiologie, à Lausanne.
1887. STUDER (Théophile), zoologiste, à Berne.
1888. WIEDEMANN (Eilhardt), professeur de physique, à Erlangen.
1889. KUNDT (Auguste), professeur de physique, à Berlin.
HERTZ (H.), professeur de physique, à Bonn.
RADLKOFER (A.), botaniste, à Munich.

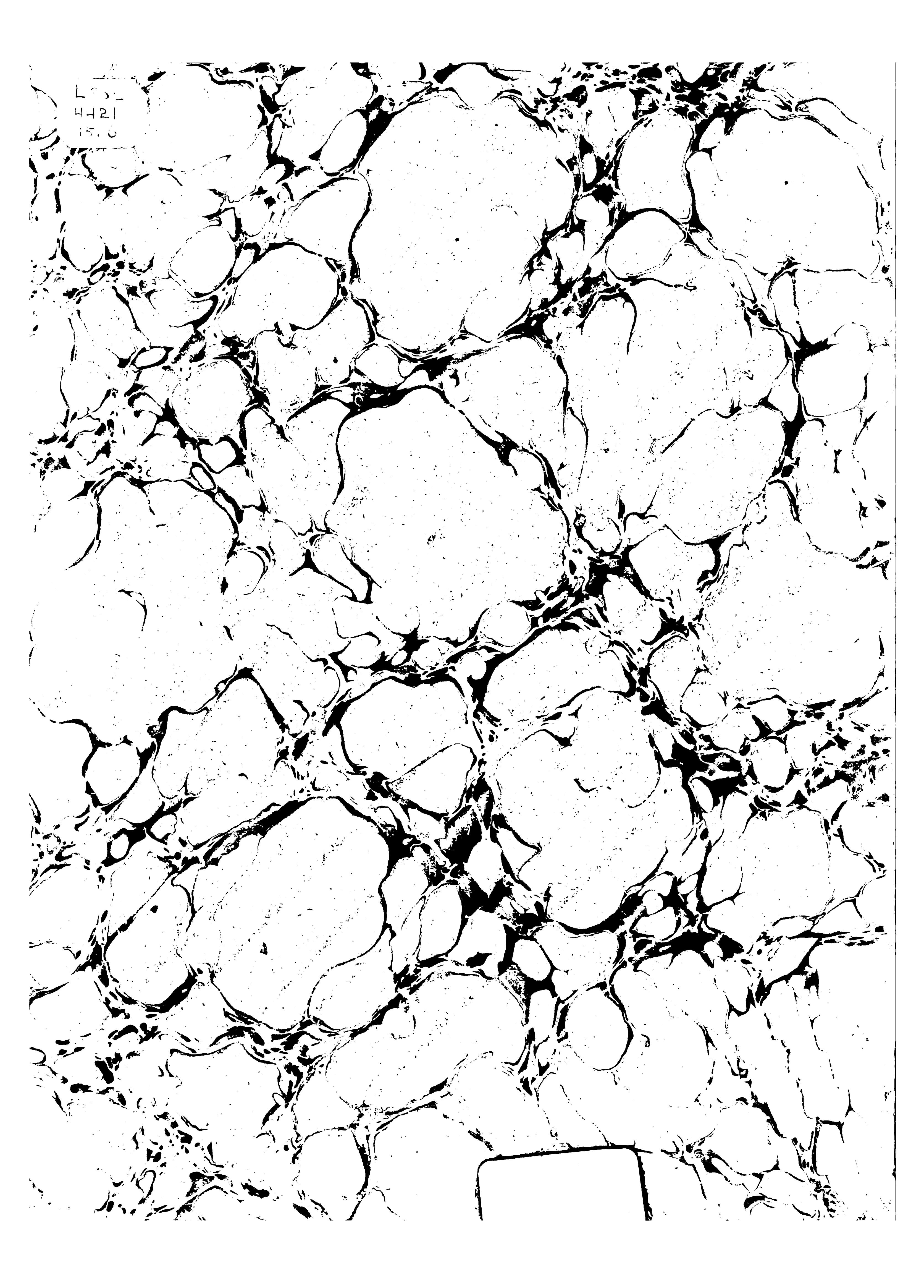
ASSOCIÉS LIBRES :

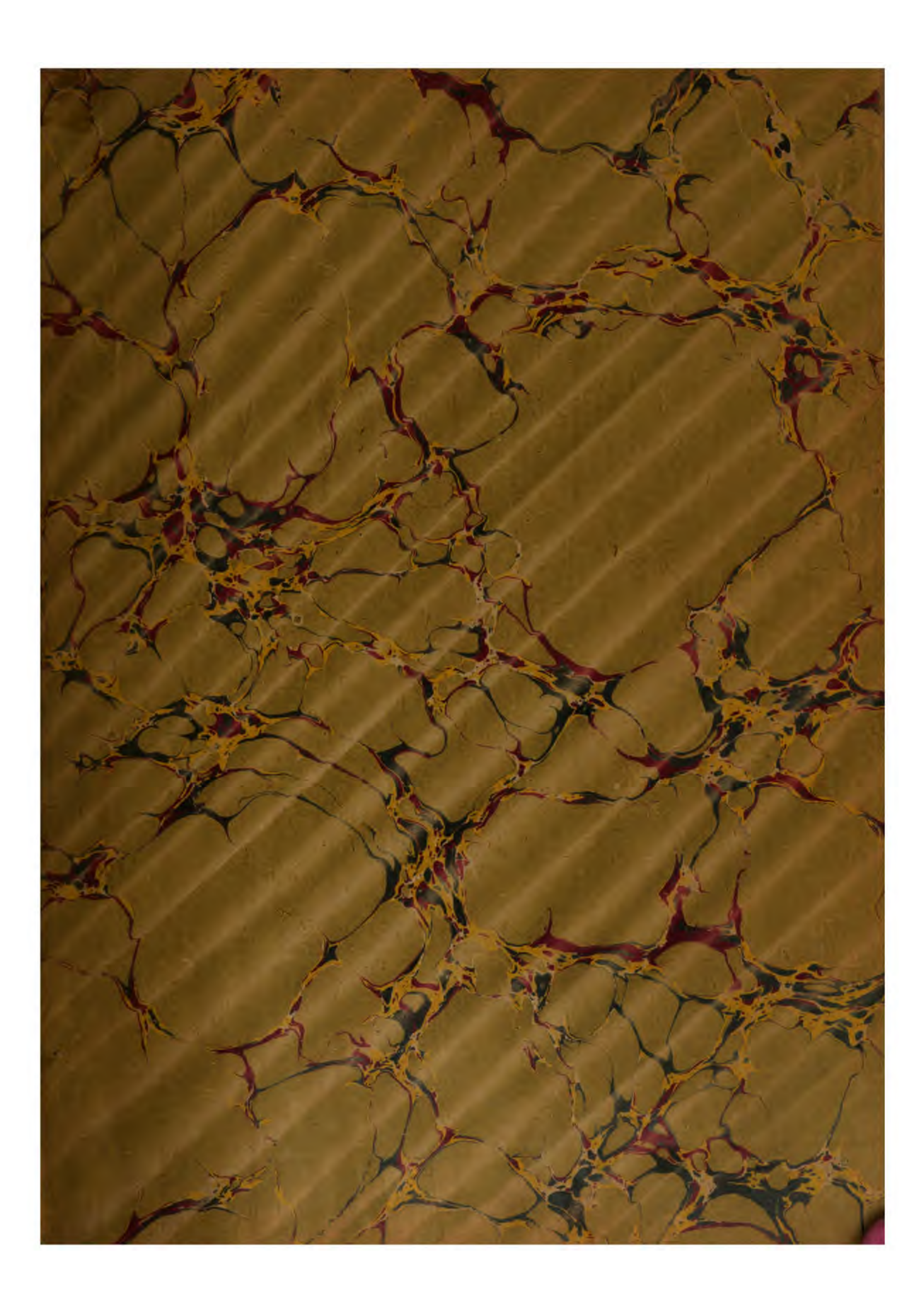
MM.

1860. Alfred LE FORT.
Gustave ROCHETTE.
Gabriel NAVILLE.
Théodore DE SAUSSURE.
Charles EYNARD.
Auguste TURRETTINI.
Adolphe GAUTIER.
Victor GAUTIER.
Amédée LULLIN.
Gustave FATIO.
DUNANT DE GALLATIN.
Docteur Aug. BROT.
Alexandre ROCHAT.
Louis ROGET.
Docteur CAYLA.
Jaques MORICAND.

MM.

1860. PREVOST-MARTIN.
Frank DE MORSIER.
Edmond FAVRE.
Louis LULLIN.
Maurice SARASIN.
Eugène DE MORSIER.
SUSKIND, pharmacien.
Georges SARASIN.
PÉRIER-ADOR.
PREVOST-CAYLA.
Charles SARASIN.
Dr Théodore MAUNOIR.
Dr Alexandre MORICAND.
Eugène RISLER.
François GAS.
Théodore VERNES.


4421



MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

VOLUME SUPPLÉMENTAIRE

CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

1891

entre par billet) par M. Duhamel, que je vois aussi quelquefois. Chez M. d'Enville dont j'ai reçu des politesses, j'ai rencontré plusieurs gens de lettres et autres personnages distingués, MM. Turgot, Malesherbes, d'Alembert. Mais pour se lier avec des personnes de ce rang et de ce mérite, il faut un autre mérite que le mien, ou bien quelque circonstance favorable. En attendant je fus charmé d'être admis comme spectateur sur leur théâtre, et je n'en veux pas davantage. J'ai très peu vu M. de la Rochefoucault, parce qu'il est beaucoup moins chez lui que M. d'Enville. On y voit aussi des savants et des gens de lettres qui, quoiqu'ils n'occupent pas le premier rang, sont cependant très bons et très bons à connoître, tels que MM. Delisle, Fontana, et autres, mais on les voit de loin en loin, le plus souvent dans un cercle un peu général où l'on ne peut pas faire connaissance. Il y hante aussi, comme vous savez, des gens du monde de la première distinction, tant en femmes qu'en hommes. Je ne vous parle pas des beaux-esprits ou demi-savants qu'on rencontre dans diverses maisons, mais un des littérateurs que je vois le plus souvent, c'est M. Court de Gébelin, homme vraiment instruit et dont l'ouvrage quoiqu'inégal, offre une source féconde de matériaux à ceux qui veulent étudier les anciens.

« Je me suis un peu mêlé de cette étude, comme vous savez, et je l'ai continuée à travers d'autres plus essentielles et auxquelles je consacre la principale partie de mon temps. L'éducation est à la fois une science et un art pratique : il n'en est point, je crois, dont l'objet soit plus intéressant. Depuis que je m'y suis livré, j'y rapporte la plupart de mes autres études. J'ai commencé, après quelques principes d'arithmétique raisonnée, de donner à l'aîné de mes élèves, qui est un très jeune enfant, de petites notions géométriques à la portée de son âge. J'ai été trois ou quatre fois dans le cas d'enseigner les éléments de géométrie, et j'ai toujours hésité à l'article des parallèles. Le livre de M. L'Huilier, qui a remporté le prix, quand paraîtra-t-il? Je vous prie de le féliciter sincèrement de ma part, et de lui témoigner l'impatience que j'ai de m'instruire en le lisant. Pour en revenir à mes Parallèles, très mécontent du

fameux axiome ou soi-disant tel, également mécontent de Tacquet et de son annotateur, croyant me rappeler que Coëtzius que je n'ai plus, mais que j'ai eu il y a quelques années entre les mains, n'est pas plus satisfaisant, j'avais fait un petit travail là-dessus que je trouvais assez concluant. Il faut vous avouer que j'en étais à l'endroit de cette lettre où vous voyez le mot Coëtzius effacé lorsque j'ai réfléchi que j'avais négligé de lire Proclus. Je l'ai lu et j'y ai trouvé le principe de la démonstration que j'avais imaginée, mais exprimée avec si peu de vigueur que la démonstration m'en paraît défectueuse; ce qui m'engage à vous donner ici sur un papier séparé le précis de mes petits efforts comparés à ceux de M. Proclus. Je ne dois pas oublier de vous dire que M. de la Place dans un mémoire sur le vuide de Boyle à la séance académique dont je vous ai parlé, insista beaucoup sur la nécessité de la méthode dans les recherches physiques, en particulier sur l'utilité de la méthode d'exclusion, qu'il nomma, et qu'il dit avoir suivie dans les expériences dont il donnait le précis, et dont le but était de comparer les manières angloises et françoises d'estimer le vuide de la pompe pneumatique par le baromètre. Cette méthode étant votre favorite, j'ai cru vous faire plaisir en vous citant un fait qui montre qu'elle se répand.

« Je vous serais obligé de me dire si l'on a traduit ce Proclus; je n'en ai qu'une édition grecque fautive, annexée à un Euclide grec de Bâle 1533 d'Hervagius. Outre que le Proclus de cette édition n'est point soigné, il n'a point de figures, et c'est un travail ingrat que de les suppléer.

« Vous voyez, Monsieur, que je suis sans cesse attiré vers ces sciences intéressantes dont vous inspirez le goût à tous ceux qui ont le bonheur de s'entretenir avec vous. Je ne vous dis point le regret que j'ai d'en être privé, j'espère que vous le savez, et je regarde comme un avantage bien précieux pour moi la permission que vous me donnez de me rapprocher de vous en vous écrivant.

« Cependant je ne puis étudier ces sciences que dans leur rapport avec mon objet principal. J'en suis même détourné par d'autres études accessoires. La littérature a pour moi des attraits, et quoique je tâche de tout

subordonner à un but unique, et de réparer par l'ordre et la méthode mon insuffisance naturelle et la multiplicité des objets, le temps est borné et encore il en faut déduire une partie considérable qu'on prodigue à la société. Pour vous rendre compte de mes études littéraires, je vous dirai que j'ai mis sur le métier une traduction françoise d'Euripide : paraîtra-t-elle? quand paraîtra-t-elle? comment paraîtra-t-elle? Je n'en sais rien. J'ai eu en attendant la satisfaction d'en lire quelques morceaux à J. J. qui les a jugés favorablement; j'avoue que cela m'a encouragé et si je puis en détacher une pièce comme un enfant perdu, je le ferai, surtout si cela m'est conseillé par mes amis. Vous voulez bien me permettre de vous mettre dans ce nombre, parmi ceux à qui je suis le plus entièrement dévoué.

« Votre très humble et obéissant serviteur,

« P. PREVOST. »

En 1781, c'est de Berlin que Prevost écrit à Le Sage: « Pour répondre à tous les articles de votre lettre, il me reste à vous remercier de l'offre que vous me faites de quelques papiers et mémoires relatifs à l'histoire de la physique corpusculaire. Pour le moment je suis occupé d'objets trop différents pour y songer, je dis pour songer à faire un ouvrage sur cet objet, car quant à la matière, je l'affectionne toujours et je ne désespère pas de suivre un jour mon goût à cet égard : alors j'aurai recours à vous, comme à celui qui a contribué à ramener la lumière dans cette partie de la philosophie et auquel tout ce qui s'y rapporte doit aboutir. » Cette indication a de l'intérêt par la manière dont elle s'est réalisée.

J'extrais ici d'une lettre écrite de Berlin en 1782, un passage relatif à l'invention du télégraphe par Le Sage, qui sert de confirmation à une note insérée par Prevost en 1831 dans la *Bibliothèque universelle.*

« Je ne doute pas que votre machine pour communiquer instantanément les nouvelles n'eût plus de solidité que celle de Linguet et ce serait dommage de laisser ce projet ingénieux dans votre portefeuille. Linguet est à Clèves. Il est probable qu'il reviendra à Berlin. »

Anticipant sur ce qui suivra, j'emprunte à une lettre écrite par de Luc en 1792, de Windsor, à Prevost, quelques passages relatifs aux recherches de de notre physicien sur le magnétisme et plus tard sur la chaleur rayonnante. « J'ai vu avec plaisir que vous vous proposiez de méditer sur l'idée d'une classe de rayons solaires, comme origine du fluide magnétique : je ne sais pas où cela peut conduire, mais je ne doute point qu'en général on en vienne à reconnaître sur les classes de ces rayons ce qu'on reconnaît déjà de la lumière en général. En voyant la lumière se dégager par décomposition de la plupart des substances terrestres et atmosphériques en même temps qu'on la voit s'employer dans tant de phénomènes, on est forcé de reconnaître qu'elle est un grand agent sur notre globe. » Plus loin. « J'ai lu en particulier avec beaucoup de satisfaction (et de plaisir qu'il existe) votre mémoire sur l'équilibre du feu et votre réfutation péremptoire de l'hypothèse des vibrations, l'un de ces concepts illusoires qui arrêtent les progrès des recherches en physique réelle. « Et ailleurs : « Ainsi quoique je suppose des mouvements irréguliers aux particules du feu, le phénomène de M. Pictet s'explique par réflexion; mais l'irrégularité de leur mouvement me paraît nécessaire à l'explication de la dilatation des corps. »

Un fragment isolé risque de se prêter à une fausse interprétation des idées d'un savant et plus encore d'un penseur. Celles que de Luc a exposées dans ses ouvrages vaudrait souvent la peine qu'on les dégageât de leur expression trop vieillie; c'est ainsi que dans les *Idées sur la météorologie* on rencontre la remarque suivante : « J'ai déjà indiqué dans mon ouvrage de géologie quelques-unes des raisons que j'ai de penser que les rayons de soleil ne sont pas calorifiques par eux-mêmes mais simplement phosphoriques. » Si l'on réfléchit au problème dont l'assimilation de la chaleur rayonnante à la lumière donne la solution encore peu complète, on ne jugera peut-être pas que cette remarque soit sans valeur. Néanmoins on a pu apprécier par ce qui précède le degré de précision dont se contentaient les physiciens d'il y a cent ans dans la discussion des théories, et l'on en comprendra mieux le mérite

d'une conception rationnelle d'un ordre de phénomènes, telle que celle de l'équilibre mobile.

L'histoire de la chaleur rayonnante obscure remonte à Mariotte, mais il faut tout un siècle pour que le filon entrevu fasse une nouvelle apparition. Scheele, le chimiste suédois, et Lambert, le mathématicien allemand, tous deux vers 1780, sont les premiers à introduire dans la physique expérimentale les radiations calorifiques. Scheele, dans son *Traité de l'air et du feu*, se sert du terme de chaleur rayonnante, établit qu'elle traverse l'air sans l'échauffer et que le verre, qui laisse passer la lumière d'un feu, intercepte sa chaleur. Lambert de son côté, dans sa *Pyrométrie*, trouve la dénomination de chaleur obscure pour désigner la radiation indépendante de la lumière, et constate qu'un miroir concave la réfléchit, tandis qu'une lentille de grand diamètre ne la concentre pas à son foyer. La question en est là lorsque de Saussure et Pictet reprennent les expériences de Lambert, les confirment et mettent hors de doute la propagation du feu par rayonnement. L'*Essai sur le feu* de Pictet, publié en 1790, décrivit ces belles expériences auxquelles on accorda sans contestation une importance décisive. Elles furent également consignées dans les *Voyages dans les Alpes* et mentionnées à l'appui des considérations intitulées *Les causes du froid qui règne dans les montagnes*. Je rappelle que Marc-Auguste Pictet avait succédé en 1786 dans la chaire de philosophie à de Saussure, dont il avait été l'élève et dont il était resté l'ami. Voici, tiré de *l'Essai sur le feu,* le récit de l'expérience importante et bien connue qui n'en doit pas moins trouver sa place dans cette étude. L'auteur vient de décrire celle des miroirs conjugués et du boulet chauffé sans être rougi qui, placé au foyer d'un des miroirs fit monter de dix degrés le thermomètre placé au foyer de l'autre. On sait qu'habile à expérimenter et ingénieux dans ses combinaisons, Pictet remplaça le boulet par un matras rempli d'eau bouillante, et le thermomètre à mercure par un thermomètre d'air; c'est ainsi qu'il désigne lui-même cet instrument de mesure d'une toute autre sensibilité que le thermomètre ordinaire. « Je m'entretenais de ces expériences, dit

Pictet, avec M. Bertrand. Il me demanda si je croyais que le froid fût susceptible d'être réfléchi. Je disposai l'appareil précisément comme pour la réflexion de la chaleur. J'employai les deux miroirs d'étain à la distance de 10 $^1/_2$ pieds l'un de l'autre. Au foyer de l'un était un thermomètre d'air qu'on observait avec les précautions requises; et au foyer de l'autre, un matras plein de neige. A l'instant où le matras fut en expérience le thermomètre, placé à l'autre foyer, descendit de plusieurs degrés; il remonta dès qu'on enleva le matras. »

Cette découverte, car c'en était une, celle de la réflexion apparente du froid a suffi pour que le nom du savant qui l'a faite ne risque pas de tomber dans l'oubli. Restait à en trouver l'explication. Quelle était celle proposée par Pictet ? Elle reposait sur la notion de la tension du feu en vertu de laquelle la chaleur se portait des tensions plus fortes vers les tensions plus faibles; la tension était accusée par la température et en définitive la propagation par conductibilité n'est pas autrement définie. Mais il s'agissait de chaleur rayonnante. « Ce phénomène, est-il dit dans l'*Essai sur le feu,* n'offre qu'une preuve de plus de la réflexion de la chaleur. Le feu du thermomètre placé au foyer du miroir A tendrait à l'abandonner et se répandrait autour de lui sous la forme d'une émanation rayonnante. Mais cet effet n'est que potentiel dans le cas où au foyer du miroir B il se trouve de l'air à la température ambiante dont le feu développe la même tension. Mais si nous plaçons en B un corps plus froid que A, la marche du feu de potentielle qu'elle était devient actuelle. On a le même avantage pour absorber la chaleur du thermomètre qu'on avait pour l'accroître. » Cette explication est peu précise mais n'implique nullement l'existence de rayons frigorifiques; le froid agit par une sorte d'appel pour déterminer un mouvement de la chaleur en sens inverse de celui qu'elle suivait dans l'expérience du corps chaud.

Le mémoire de Prevost *Sur l'équilibre du feu* a été publié dans le *Journal de physique* d'avril 1791. La théorie de l'équilibre mobile des températures a été provoquée par l'expérience de la réflexion apparente

du froid; elle en fut le résultat logique dans la pensée du savant où elle se trouvait d'avance toute formulée; c'est l'*expérimentum crucis* de cette théorie qui en a déterminé la production et les éléments s'en trouvaient préparés par celle des mouvements impulsifs de Le Sage. Qu'on se rappelle comment Prevost, dix ans auparavant, le remerciait d'avance des éclaircissements qu'apportaient avec elles les lois de la physique corpusculaire. Le pressentiment d'un progrès à réaliser dans la conception des actions réciproques des éléments de la matière, en adoptant l'hypothèse de Le Sage, va se trouver confirmé et celui qui l'exprimait aura la satisfaction de donner lui-même raison à cette prédiction optimiste. Si l'on tient à faire remonter encore plus près de sa source première l'idée fondamentale de la propagation d'une action par le choc des particules se mouvant en ligne droite, Prevost, dans son *Calorique rayonnant* de 1809, remarque que Le Sage l'a reçue de Daniel Bernouilli. La théorie cinétique des gaz, celle à laquelle Clausius a attaché son nom trouve son origine, comme on le sait, dans ce même chapitre de l'hydrodynamique de Bernouilli; c'est donc là comme un point d'embranchement de l'arbre généalogique de la mécanique moléculaire appliquée à la physique.

Il faut se rappeler que, dans le vocabulaire des philosophes, quantité discrète se dit, par opposition a quantité continue, de l'assemblage de plusieurs choses distinctes les unes des autres. De là le terme de *fluide discret* par lequel Le Sage désigne un milieu composé de particules dont les intervalles sont très grands par rapport à leurs propres dimensions, et dont il étudie les propriétés en les distinguant de celles d'un *fluide continu*. L'expression est adoptée par Prevost qui en fait la définition du feu et déduit les propriétés qui deviennent celles de la chaleur rayonnante des lois de l'équilibre du fluide. Dans les papiers inédits du savant genevois se trouve une note intitulée « première esquisse adressée à M. de Végobre en février 1791 » qui est par conséquent un peu antérieure à la publication du mémoire sur l'équilibre du feu et résume plus nettement peut-être que le mémoire les points essentiels du sujet. L'es-

quisse énumère un certain nombre de principes qui se déduisent les uns des autres et le plus important, celui qui donne à la théorie sa véritable portée se formule ainsi : *Donc l'équilibre de deux portions contiguës d'un fluide rayonnant consiste en ce que chacune de ces portions donne autant qu'elle reçoit.* Passant à la considération de deux boules de thermomètres placées respectivement aux foyers des miroirs conjugués, l'auteur énonce l'égalité de l'échange dans le cas des températures égales, puis ajoute : « Rompez cet équilibre soit en échauffant soit en refroidissant l'un ou l'autre de ces corps focaux ; il arrivera nécessairement que l'autre se conformera à cette nouvelle température. Par exemple, refroidissez le corps focal A, aussitôt le corps focal B reçoit moins de feu rayonnant qu'il n'en envoie. » La note se termine par la remarque suivante : « Si l'on ne considère pas les fluides discrets (et en particulier le feu libre) comme agités, et qu'on s'attache à quelque hypothèse peu développée dans son principe touchant l'élasticité de ces fluides, on ne peut, je crois, se flatter d'expliquer aucun des phénomènes d'une manière satisfaisante. » La théorie que vise cette accusation d'insuffisance est celle des tensions qui a été indiquée et à laquelle notre sujet va nous ramener.

Mais avant de suivre Prevost dans le conflit des deux théories, je reviens au nom mentionné avec le titre de l'esquisse dont je viens de parler. M. de Manoël de Végobre, dont le nom se rattache dans les souvenirs genevois à l'administration de la fondation en faveur des protestants français, et qui est l'auteur d'une traduction des *Conversations sur la chimie* [1], s'intéressait aux recherches théoriques de Prevost et fut le premier à lui signaler, comme cela est mentionné expressément dans le *Calorique rayonnant*, ce que l'explication de la réflexion du froid laissait d'obscurité. Il n'est donc pas sans intérêt de transcrire ici quelques lignes d'une lettre que le savant d'occasion écrivait en 1791 à son ami le physicien après s'être initié à ses vues nouvelles. « J'avais vu 1° qu'en supposant

[1] Ouvrage bien connu, publié en anglais par Mme Marcet, qui fut une des premières tentatives pour rendre accessibles au public les notions scientifiques nouvelles.

le Feu dans l'état d'un ressort bandé mais immobile, quand les résistances étaient égales de tout côté, l'explication de M. Pictet était manifestement insuffisante. J'avais vu 2° qu'en supposant au Feu la constitution des fluides élastiques à la façon de Bernouilli et de Le Sage, mais en donnant seulement aux particules de ce fluide un mouvement oscillatoire dans les pores des corps (sauf le cas de refroidissement et de réchauffement), l'explication de M. Pictet était suspecte tout au moins; et comme j'étais porté, sans aucune bonne raison, à envisager le Feu sous ce point de vue, je m'étais arrêté avec quelque inquiétude à l'examen du phénomène. J'avais entrevu enfin que cette supposition devait être changée et qu'en admettant de grands mouvements de translation pour chaque particule du Feu, le phénomène pourrait s'expliquer. Je n'avais fait que l'entrevoir et maintenant je le vois. » Cette lettre de félicitation n'est pas la seule que Prevost avait conservée de ce correspondant zélé, dont l'opinion scientifique n'était pas celle d'un profane. Des notes mathématiques sur l'évaluation, par une progression géométrique, de la quantité de chaleur rayonnante reçue par un corps, publiées dans les *Recherches physico-mécaniques* en 1792, sont dues à sa collaboration et l'on peut se convaincre qu'elle était très indépendante par les quelques lignes suivantes : « Quoique j'aime beaucoup en général, » écrit-il, « les auteurs qui donnent à travailler à leurs lecteurs, j'avoue que j'aurais désiré plus de développement à la proposition énoncée, p. 20. Une détermination bien précise des circonstances et un aperçu de la démonstration algébrique sont au nombre de mes desiderata. »

Il est peu vraisemblable que cette association entre un homme de science et un amateur qui lui apporte sa clairvoyante initiative se reproduise souvent de nos jours. On peut alléguer que la science est aujourd'hui moins attrayante qu'autrefois et que le terrain à demi déblayé, où tout esprit curieux et cultivé se gardait la chance d'une trouvaille, est envahi et exploité sans merci par de savants publicistes. La revue scientifique que son journal lui apporte chaque semaine fait franchir au lecteur, sans même qu'il s'en doute, de longues étapes de savoir

ardu, et le mène tout droit vers ces rares oasis où jaillit cette source fertilisante, une découverte inattendue. Et, comme il en sera peut-être pour les voyageurs que la vapeur et les roues de fer de la locomotive transporteront au sommet des Alpes et qui, n'ayant pas mesuré par leur fatigue et leurs efforts personnels la puissance de ces grands efforts de la nature, resteront indifférents au sublime spectacle étalé sous leurs yeux, nos guides dans la science populaire, habiles à suppléer le labeur des explications minutieuses et correctes, nous font une route trop aisée vers les régions inexplorées de la pensée scientifique et nous n'en savons admirer ni les horizons ni les profondeurs. Il n'en était pas ainsi à l'époque où nous sommes revenus aider nos devanciers à élucider la question des radiations calorifiques. Un désir, moins personnel qu'il ne semble l'être maintenant, de participer aux progrès de la connaissance rationnelle de la nature créait un lien entre des hommes que leurs occupations auraient séparés. Ne saura-t-on pas voir dans ces contributions d'un ami de la science aux recherches d'un savant, la modeste revendication de l'égalité devant la vérité, la revendication aussi du droit à la recherche libre, ne prenant conseil que des exigences de la logique.

Dans l'article III du *Mémoire sur l'équilibre du feu*, se trouve une démonstration de l'impossibilité d'expliquer la réflexion apparente du froid par l'équilibre immobile, et voici comment Prevost fait voir que cette théorie, qui est celle des tensions, reste en défaut. Les deux miroirs conjugués sont éloignés l'un de l'autre de dix pieds et demi; leur courbure est celle d'une sphère de neuf pouces de rayon, en sorte qu'ils ont leur foyer à peu près à quatre pouces et demi de leur surface. Comparons les quantités de chaleur envoyées par les deux miroirs au corps froid qui occupe le foyer de l'un; elles sont entre elles dans le même rapport que les angles solides soustendus et par conséquent dans le rapport inverse des carrés des distances, ce qui donne le nombre 784. D'autre part le thermomètre est plus près de la glace que la partie centrale de son propre miroir; les distances sont 27 et 26 dont les carrés

sont dans le rapport de 13 à 12; il en résulte que le thermomètre perd par cette cause un treizième de sa chaleur de plus que s'il faisait partie de son miroir. Enfin le second miroir, au foyer duquel se trouve la glace et que celle-ci refroidit, agit davantage par action directe sur le thermomètre que sur une portion égale du premier miroir dans le rapport de 14 à 13. Il résulte de là que le premier thermomètre est plus refroidi que son miroir, soit par l'action directe de la glace soit par l'action médiate due au second miroir. Il a donc moins de tension que son miroir et ne peut lui envoyer de la chaleur, ce qui est contraire à l'explication par les tensions ou, autrement dit, par l'équilibre immobile.

Le raisonnement est serré mais non irréprochable Les principes sur lesquels on fait reposer la théorie des tensions que l'on combat sont en partie ceux de l'émission et il n'est pas étonnant qu'ils se retournent contre eux-mêmes en s'associant à ce qui leur est étranger. Il faudrait pour rester correct énoncer quels sont ces principes. Or il est vrai que la propagation d'une tension peut avoir lieu d'après les lois du rayonnement et que la seule clause restrictive à introduire dans cette définition est que la propagation ne peut avoir lieu que d'une tension supérieure à une inférieure; on ramène ainsi l'équilibre immobile à l'équilibre mobile à cette différence près qu'il n'y a de communication de chaleur que du chaud au froid. Ceci admis, Prevost démontre bien que le thermomètre est plus refroidi par l'action directe du corps froid que ne l'est une portion égale de son miroir, que par conséquent il se trouve en tension inférieure par rapport à lui et ne peut subir de refroidissement par son influence. Maintenant, en quoi diffère de cette conclusion celle que l'on déduit de l'équilibre mobile? Les résultats qui viennent d'être démontrés sur les actions partielles des surfaces en présence subsistent, mais la quantité totale de chaleur émise par le thermomètre et qui était compensée à chaque instant par celle que rayonnait le miroir, ne l'est plus et il n'y a pas lieu de prendre en considération les états relatifs du thermomètre et de son miroir. On voit ainsi que l'équilibre mobile se différencie essentiellement de l'équilibre immobile par l'élimination

de l'état relatif des surfaces agissant l'une sur l'autre. En s'en tenant à cette distinction fondamentale pour définir la différence des deux théories, le raisonnement de l'article III est correct.

On comprend toutefois que cette forme qui ne précisait pas suffisamment l'hypothèse à réfuter laissât prise à la discussion. Une citation du *Traité de physique* d'Haüy de 1803 va montrer que la théorie des tensions continuait à trouver des défenseurs convaincus. « Quand on substitue le matras plein de neige au boulet chaud, dit l'auteur, les rayons du calorique prennent une direction opposée à celle qu'ils suivaient dans le premier cas; le froid attire la chaleur de la même façon que la chaleur la repoussait. » Mais Haüy ne connaissait pas le mémoire sur l'équilibre du feu lorsqu'il rédigeait cette première édition de son ouvrage. La lettre qu'il écrivit à Prevost lorsqu'il en eut compris la portée et qui est datée du 3 frimaire, an XII (24 novembre 1803), le montre converti aux idées du savant genevois et dénote chez lui une absence de prétentions personnelles qui désarmerait la critique, s'il y avait lieu. La voici à peu près en entier :

« J'ai eu bientôt une nouvelle preuve de votre bonté à mon égard, dans la communication que M. Biot m'a faite de vos observations au sujet de l'explication que j'ai donnée d'après M. Pictet de la réflexion apparente du froid. La justesse de la vôtre m'a, pour ainsi dire, sauté aux yeux ainsi que sa liaison avec le principe de l'équilibre mobile que j'avais adopté. Il me sera facile de réformer cet endroit dans ma seconde édition. Mais ce qui m'a surtout affecté, en lisant, Monsieur, vos observations, c'est d'y avoir vu que vous êtes l'auteur du principe extrêmement remarquable dont il s'agit, et qui est ici comme la clef de la vraie théorie. Je viens d'acquérir une nouvelle conviction de votre propriété, en m'empressant de lire l'article sur l'équilibre du feu, dans l'exemplaire que vous avez eu la bonté de m'envoyer de vos recherches physico-mécaniques sur la chaleur, et que j'ai reçu aujourd'hui. Cet article qui est d'une clarté admirable m'a inspiré un vif désir de lire le reste. Il faut avouer que je n'étais guère au courant, puisqu'un si bon ouvrage avait

échappé à ma connaissance. Il me tarde de réparer une omission que je me reproche, toute involontaire qu'elle est, et de vous rendre, Monsieur, toute la justice qui vous est due, comme je crois l'avoir fait à l'égard de tous les savants dont j'ai emprunté les idées. Au reste, j'ose dire qu'il est peu d'auteurs qui soyent autant que moi dans le cas de réclamer l'indulgence des personnes qui veulent bien les lire. Je ne m'étais occupé de physique que par occasion. Des travaux particuliers sur la minéralogie et le cours que je venais de donner au Muséum m'avaient tellement fatigué, que tous mes confrères m'invitaient à prendre du repos, lorsque le Premier Consul me fit l'honneur de m'écrire une lettre par laquelle il me demandait un traité de physique pour l'enseignement dans les Lycées, en me témoignant le désir que cet ouvrage parût au commencement de Vendémiaire. On ne délibère point en pareille occasion, et le premier mouvement est celui de l'obéissance et le désir de donner une preuve de son dévouement. Quoique j'eusse déjà des matériaux de prêts dans les leçons que j'avais données à l'école normale, il a fallu remanier le tout, et ajouter la théorie du galvanisme et celle de la lumière que je regarde comme étant de toutes les parties de la physique la plus délicate et la plus difficile à traiter. Tout cela a été l'affaire d'environ six mois, pendant lesquels j'ai fait marcher de front la rédaction et l'impression de l'ouvrage. L'inquiétude que j'avais sur son sort au moment où il a paru a été bien plus pénible pour moi que le travail même qu'il m'avait coûté. Mais on y a vu des efforts, et l'on m'en a su gré. Pardon, Monsieur, de ces détails que je crois nécessaires pour ma justification. J'ai prié ceux de mes illustres confrères de l'Institut qui ont bien voulu me lire avec attention, et en particulier M. Delaplace dont les lumières m'ont été d'un grand secours, M. Biot auquel je dois également de très bons avis, et MM. Delagrange et Bertholet, de me communiquer leurs observations, dont je me ferai un devoir de profiter, s'il y a lieu à une seconde édition comme le débit de celle-ci me le fait espérer. »

A trois ans de là, en 1806, un exemplaire de la seconde édition du *Traité de physique* adressé à Prevost, était accompagné de quelques lignes

d'envoi. Le célèbre minéralogiste avait remanié l'ouvrage qui lui avait été demandé à si courte échéance et l'avait enrichi de nouveaux matériaux. La théorie de l'équilibre mobile y est exposée avec clarté et justement attribuée à l'auteur du mémoire sur l'équilibre du feu.

J'insistais sur la validité de la démonstration relative à l'équilibre des tensions, lorsque la lettre d'Haüy m'a paru offrir quelques détails intéressants, et je signalais ce qui pouvait y donner prise à des objections bien fondées. Ces objections sont formulées ou plutôt indiquées dans une lettre de Pictet qui trouve ici sa place comme pièce justificative non du procès, car il n'y en eut pas, mais de l'autorité avec laquelle les principes de l'équilibre mobile s'imposèrent à tous les bons esprits. « Je vous remercie, mon cher Prevost, de votre communication qui a rectifié mes idées sur l'équilibre du feu, je substitue bien volontiers les échanges égaux à l'équilibre résultant d'une tension égale et je trouve parfaitement clair tout ce que vous dites là-dessus, § I à II. Le § III ne me paraît pas si clair. Il me semble d'abord que vous devriez annoncer d'entrée ce que vous ne dites qu'à la fin de la page suivante, c'est-à-dire que vous allez prouver que le thermomètre loin d'envoyer du feu à son miroir doit en recevoir de lui lorsqu'il est en place. Ensuite je ne sais si vous raisonnez *fairly* en faisant abstraction dans tout l'article de l'effet réfléchissant des miroirs et en ne les considérant que comme de simples corps à telles ou telles distances du corps froid. Car en partant comme vous le faites d'un équilibre immobile nous pouvons comparer le jeu du feu à celui de l'air dans les phénomènes du son et vous conviendrez qu'en substituant un corps sonore et une oreille au thermomètre et à la glace vous auriez mauvaise grâce à raisonner abstraitement sur l'effet, à raison des quarrés des distances. » Plus loin : « Je ne sais si vous me comprenez, mais il me semble qu'en attaquant l'explication qui suppose l'équilibre immobile il faudrait la prendre en son entier. » Ainsi Pictet adopte sans hésitation l'équilibre mobile mais reste sur la défensive à l'égard de l'article III et lui fait le reproche qu'il mérite à certains égards; toutefois l'absence de précision dans la définition des

tensions semble invalider également l'argumentation sur le rayonnement sonore.

Voilà donc l'équilibre mobile ayant acquis son droit de cité. Le principe qui en est l'élément essentiel est admis dans la science, reconnu comme exact, et substitué à toute autre explication. Mais des opinions contradictoires se retrouvent plus loin, sur le terrain expérimental il est vrai plutôt que sur celui de la théorie. Les recherches classiques de Leslie sur l'émission et la transmission de la chaleur rayonnante publiées en 1804, et celles de Rumford dont la preuve expérimentale de la radiation à travers le vide est la plus connue, à peu près à la même date, en agrandissant le domaine du calorique rayonnant y posait de nouvelles questions à résoudre. Leslie en particulier a constaté que l'interposition d'une mince lame de glace ne permet pas un échauffement perceptible du thermoscope et explique cette interception par l'emploi du courant du calorique à la fusion de la couche extérieure de l'écran de glace. Prevost entreprend des recherches expérimentales, et, pour se débarrasser de la couche d'eau dont la lame se revêt, imagine d'opérer à une température de — 3°. Lorsqu'il se sert du miroir l'effet du matras d'eau bouillante sur le thermoscope au travers d'une lame de glace d'environ 2 lignes d'épaisseur reste douteux, mais en rapprochant beaucoup le corps chaud de l'instrument et en observant l'effet direct sans réflexion intermédiaire, le thermoscope marche au chaud d'une manière évidente. D'autre part si ce sont les surfaces de l'écran dont l'échauffement se transmet, comme certains faits le laissent croire, un écran qui se renouvelle constamment interceptera cette communication. Le physicien genevois constate que des lames de verre se succédant les unes aux autres donnent lieu à une action, faible il est vrai, mais bien perceptible, sur le thermoscope. Enfin c'est une nappe d'eau verticale, obtenue en adaptant au tuyau d'une fontaine un ajutage formé de deux lèvres, qui devient l'écran mobile, se renouvelant sans cesse, au travers duquel il faut constater le passage du calorique. Le thermoscope donne un résultat positif mais pour l'obtenir il faut que la distance du morceau

de fer chaud soit très réduite, et que la boule de l'instrument soit noircie. Dans les conclusions de ses recherches qui sont l'objet d'une communication à la Société de physique en 1810, et publiées dans le *Journal de physique* l'année suivante, on lit ce qui suit : « Il paraît par ces expériences, que la quantité de calorique, transmise immédiatement par l'eau, n'est qu'une partie fort petite de tout celui qui se présente pour la traverser, peut-être sa partie la plus subtile. D'autres corps tels que le verre transmettent plus abondamment. » Si l'on cherche dans la table des pouvoirs diathermanes, que Melloni a établie vingt-cinq ans plus tard, ceux du verre et de l'eau, on trouve qu'ils sont en effet tous deux assez faibles par rapport à celui du sel gemme et cinq fois plus fort l'un que l'autre.

S'il s'agissait de continuer l'étude historique du calorique rayonnant, les noms de Delaroche et de Melloni se trouveraient, comme on le sait, amenés ici, mais je dois la terminer, du moins en ce qui concerne les faits expérimentaux, à l'époque où les recherches de Prevost que je viens de rappeler confirmèrent l'existence du pouvoir diathermane des substances transparentes. Des notes nombreuses laissées par lui, et relatives au pouvoir réfléchissant et émissif des surfaces, le montrent cherchant une solution générale du problème dont ces éléments inconnus étaient les facteurs numériques. En date du 31 août 1803 il écrit faisant allusion à l'article 143 des *recherches physico-mécaniques* publiées en 1792. « Je ne vois pas bien pourquoi je dis que la chaleur réfléchie n'est qu'une petite partie de la chaleur absorbée. Elle peut en être (au moins de la chaleur efficace pour le rayonnement) une partie aussi considérable que l'est la lumière réfléchie par un miroir de toute la lumière qui le frappe, par conséquent peut-être la moitié, les 2/3, ou même les 3/4. » Plus loin à la même date : « J'ai lieu de croire que c'est ce qu'a observé Rumford (quoique dans la rapidité de sa conversation sur ce sujet, je n'aie pas retenu avec clarté ses résultats d'aucune espèce) parce que je me rappelle très bien qu'il m'a dit que le noir est plus favorable pour chasser la chaleur intense. Il prétend que c'est pour cela

que la peau noire a été donnée au nègre. Et je lui ai ouï dire que s'il devait vivre dans un pays très chaud il se ferait peindre en noir, ou au moins il porterait une chemise noire. Mais si la chose se passe comme je le conçois (et point du tout comme il le conçoit) c'est-à-dire par l'émission (et nullement par les vibrations dont il parle) et si le noir n'émet beaucoup de chaleur rayonnante que parce qu'il en a beaucoup absorbé, toutes ces conséquences ne me paraissent pas solides. Les conséquences directement contraires seront plus vraies. Car le corps qui a l'air de ne point se débarrasser de sa chaleur intense ne s'en débarrasse ni plus ni moins que tout autre. Mais seulement il en contient moins. » On reconnaît à ce que les notes de Prevost nous laissent savoir de sa conversation avec Rumford, le tour pratique et souvent philanthropique que prenaient les idées du savant anglais. Ses vues théoriques manquaient peut-être de rigueur et ses recherches expérimentales plutôt que les explications qu'il leur a trouvées ont gardé toute leur valeur. Des rapports d'amitié avec Pictet, qui a, durant un voyage en Angleterre, daté la plupart de ses lettres de la maison hospitalière de Rumford, avaient probablement valu aux savants genevois la visite de ce collègue éminent.

En date du 2 septembre, deux jours plus tard, Prevost écrit dans ses notes: « Le C^e^ Rumford a rendu compte hier à la Soc. de P. et d'H. N. de ses curieuses expériences sur la chaleur rayonnante, » et il en discute les conclusions. Le 1er septembre 1803 était un jeudi, et, s'il en était besoin, cette note de Prevost permettrait de constater que la Société de physique ne change pas volontiers dans ses usages ce qui ne gagnerait rien à un changement.

La théorie de la chaleur rayonnante comprend une question de géométrie sur laquelle je n'ai pas insisté dans les considérations qui précèdent. On sait que l'émission attribuée à un point d'un élément de surface ne peut pas être supposée indépendante de celle de l'élément lui-même et que l'on doit tenir compte de la direction du rayon émis par rapport à l'élément de surface, ou, ce qui revient au même, par rapport

à celle de sa normale. La conception géométrique rigoureuse des conditions imposées aux surfaces émissives par la réalisation de l'équilibre mobile, dans une enceinte à température uniforme, est due à un mathématicien illustre, Fourier, dont les recherches ont eu pour point de départ la théorie formulée par Prevost. On ne trouvera pas hors de propos que le nom de ce savant se trouve mentionné ici par une citation d'une lettre de Laplace adressée en 1809 au physicien genevois : « Des recherches analytiques que j'ai faites sur la propagation de la chaleur à l'occasion d'un fort bon mémoire que M. Fourier, préfet de l'Isère, a présenté sur cette matière à l'Institut, » écrit Laplace, « m'ont fait désirer de les comparer aux expériences. J'ai lu dans le *Voyage aux Alpes* de Saussure que ce savant illustre en avait fait de ce genre en enfonçant jusqu'à la profondeur de 29 ou 30 pieds un tuyau de bois de même longueur, dans lequel il avait enchâssé divers thermomètres qu'il pouvait retirer à volonté. Il ne donne que quelques résultats des observations qu'il a faites dans diverses saisons sur la marche de ces thermomètres intérieurs à la terre et comparés à des thermomètres placés à la surface. Je suppose que l'on doit retrouver dans ses papiers la totalité de ses observations. Si M. de Saussure fils pouvait nous les procurer, il ferait une chose utile à cette branche de la physique, qui va bientôt rentrer dans le domaine de l'analyse. » Les recherches dont s'occupait Laplace et dont il est question dans le passage de sa lettre que l'on vient de lire, ont trait à la conductibilité plutôt qu'à la chaleur rayonnante, mais il est permis à cette occasion de relever un point d'histoire scientifique. L'équation différentielle du mouvement de la chaleur dans l'intérieur des corps solides, qui est devenue aussi celle de l'électricité, est la mise en équation du principe de l'équilibre mobile, et je ne crois pas qu'on ait jamais signalé cette liaison évidente entre l'énoncé ordinaire dû à Prevost et son interprétation analytique.

La question de physique, dont j'ai essayé de rappeler les débuts, se trouva donc réduite à ses éléments essentiels et géométriques par les recherches mathématiques de Fourier. La loi d'émission d'un élément de

surface d'après laquelle l'intensité du faisceau émis est proportionnelle au cosinus de l'angle que fait la direction du rayon avec celle de la normale à l'élément, loi connue sous le nom de loi de Leslie, devient la conséquence nécessaire de la possibilité de l'équilibre de température. Il en résulte en effet qu'entre deux éléments quelconques de l'enceinte à température uniforme il y a échange incessant de quantités égales de calorique, en admettant l'égalité du pouvoir émissif et du pouvoir absorbant. Il en résulte aussi, en supposant le pouvoir réfléchissant complémentaire du pouvoir absorbant, que la réflexion spéculaire n'altère pas l'équivalence de l'échange d'élément à élément. Ces principes devenus familiers aux physiciens, ne se formulèrent que graduellement dans les publications du mathématicien français, et je crois que pour trouver leur expression définitive et précise, il faut consulter un mémoire des *Annales de chimie et de physique* de 1824. Ils sont exposés avec clarté dans le dernier ouvrage de Prevost, *La chaleur rayonnante*, publié en 1832. Le chapitre intitulé *historique*, et des notes dont l'une est une lettre de Fourier, permettent de suivre, sans que j'y revienne ici, les progrès de la théorie du rayonnement à mesure qu'elle se réduit en quelque sorte à sa plus simple expression géométrique. Prevost envisageait la question plutôt en physicien qu'en géomètre et les quantités analytiques par lesquelles Fourier exprimait le phénomène de l'émission n'avaient pas pour lui une signification physique suffisamment claire. C'est ainsi que la loi de Leslie lui paraissait être la conséquence d'un pouvoir répulsif agissant sur les rayons calorifiques pour les rejeter vers la normale en plus grande proportion. Ces tentatives théoriques sont conservées dans les notes de Prevost et l'on y trouve aussi l'expression d'une admiration sincère pour la solution de Fourier. Lorsqu'après en avoir analysé les principes essentiels il en saisit l'ensemble, le 2 mars 1817, le physicien, converti à son tour, écrit en tête d'un résumé qu'il en a fait : « Tout cela (conforme à ce que M. Fourier m'expliqua en 1804, et dont je n'ai fait aucun usage) est extrêmement beau, et, je crois, parfaitement expliqué par lui en ces termes dans l'extrait que j'ai sous les yeux. »

Mais, comme on le sait, Fourier lui-même n'a pas épuisé ce sujet complexe. D'une part, l'assimilation de la chaleur rayonnante à la lumière lui donne les propriétés de la lumière polarisée et introduit un élément de variation dans la quantité de calorique réfléchi dont il faut tenir compte pour établir l'équilibre mobile de température. D'autre part, un des principes fondamentaux de la théorie mécanique de la chaleur, en vertu duquel de la chaleur à une température plus basse ne peut pas se transformer d'elle-même en chaleur à une température plus haute, a provoqué une enquête dans le domaine de la chaleur rayonnante. Cette difficulté théorique a trop d'importance pour qu'avant de terminer cette étude je n'indique pas en quoi elle consiste. Lorsque Prevost, pour constater que la glace laisse passer la radiation calorifique, imaginait d'opérer à une température inférieure à zéro, il touchait à la difficulté dont il s'agit. Est-il possible de réchauffer par rayonnement un corps plus chaud par le moyen d'un corps plus froid? Une concentration suffisante des rayons par une lentille ou par un miroir ne peut-elle pas produire ce résultat? L'impossibilité n'en est nullement évidente, et c'est en la démontrant que des recherches relativement récentes ont établi la validité du principe que j'ai rappelé. Après Kirchhoff, qui en 1860 donna au problème, qu'il restraignait il est vrai, sa forme fondamentale, Clausius l'a traité dans sa généralité et a montré que l'équivalence des échanges d'élément à élément subsiste encore lorsque les radiations sont réfléchies ou réfractées par un nombre quelconque de surfaces intermédiaires. Toutefois, le pouvoir émissif ne dépend plus seulement de la température lorsque le milieu où se propage le rayon est supposé variable, et sa valeur doit varier elle-même en raison inverse du carré de la vitesse de propagation pour que l'équilibre de la température reste possible. Ce résultat théorique remarquable est établi par une suite de théorèmes géométriques et analytiques dans l'important ouvrage de Clausius intitulé *La théorie mécanique de la chaleur*, et il se trouve qu'un mémoire posthume d'un éminent mathématicien genevois, Charles Cellérier, traite la même question et en donne la même solution par une

méthode analytique suffisamment différente pour qu'on n'hésite pas à le publier et à lui donner sa place dans la théorie mathématique de la radiation calorifique. Les membres de la Société de physique auxquels incombait le soin de la publication destinée à rappeler sa fondation ont pensé que le mémoire du collègue qu'ils regrettent compléterait avec distinction une étude sur la théorie de la chaleur rayonnante et en ont décidé l'insertion. Je me suis trouvé ainsi ramené par mon sujet lui-même à la Société scientifique, où l'on peut dire qu'il a pris naissance, et où il reçoit, dans sa complexité actuelle, une savante et élégante confirmation des principes formulés par Prevost.

Je l'ai quitté exposant et commentant dans son dernier ouvrage les principes établis par Fourier. Il savait avoir établi la théorie de la radiation calorifique sur sa base rationnelle, et cette fondation restera un titre de gloire scientifique dont la valeur est indiscutable. En 1832, Prevost, âgé de plus de quatre-vingts ans, laissait à d'autres le soin de poursuivre des recherches encore fructueuses et marquait la limite où la part qu'il avait prise à la découverte d'une nouvelle vérité lui semblait la mesure de ses forces, satisfait, si du moins la réalisation de nos ambitions les pacifie, d'avoir pénétré plus avant que ses devanciers dans les secrets de la nature.

L. DE LA RIVE.

Publications les plus importantes de P. Prevost sur la chaleur rayonnante :

Mémoire sur l'équilibre du feu. *Journal de physique*, avril 1791.
Recherches physico-mécaniques sur la chaleur. Un vol. Genève et Paris, 1792.
Du calorique rayonnant. Un vol. Paris et Genève, 1809.
Mémoire sur la transmission du calorique à travers l'eau et d'autres substances, lu à la Soc. de P. et d'Hist. nat. de Genève le 16 août 1810, *Journal de physique*, février 1811.
Exposition élémentaire des principes qui servent de base à la théorie de la chaleur rayonnante. Un vol. Genève et Paris, 1832.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — No 3.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

LES IDÉES DE H.-B. DE SAUSSURE

SUR LA

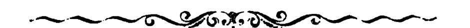
GÉOLOGIE DE QUELQUES MONTAGNES

DE LA

SAVOIE

PAR

M. le Prof. L. DUPARC



GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

LES IDÉES DE H.-B. DE SAUSSURE

SUR LA

GÉOLOGIE DE QUELQUES MONTAGNES

DE LA

SAVOIE

Messieurs,

Dans les quelques pages que je vais avoir l'honneur de vous lire, je désirerai vous entretenir un instant des idées que professait H.-B. de Saussure, sur la structure géologique de quelques montagnes de nos environs, qui appartiennent aux Préalpes savoisiennes. Ce court exposé n'a nullement la prétention d'analyser l'œuvre entière de de Saussure; d'autres plumes plus autorisées l'ont déjà fait, et du reste un pareil travail ne saurait se laisser résumer en quelques pages. Je me suis simplement borné à l'examen rapide des quelques paragraphes des *Voyages dans les Alpes* qui traitent plus spécialement des montagnes qui nous sont proches, que nous connaissons tous bien pour les avoir maintes fois parcourues, et qui sont pour nous de vieilles amies. Ce n'est peut-être point là me dira-t-on, la partie la plus saillante de l'œuvre du grand natura-

liste; mais je répondrai qu'elle n'en est pas moins intéressante pour cela, et qu'elle renferme des vues dont nous aimons à reconnaître la justesse et la perspicacité, après tant d'années écoulées.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, je crois qu'il est bon de jeter un rapide coup d'œil sur l'état dans lequel se trouvait la géologie avant la publication des *Voyages dans les Alpes,* survenue en 1779. Ce n'est guère que vers l'an 1640 que la géologie fit son apparition dans le domaine de la science, apparition suivie d'une longue période d'indifférence. L'ère véritable de cette science s'ouvre en 1774 avec Werner, qui devient le fondateur d'une véritable école, et c'est alors que la publication des *Voyages dans les Alpes*, survenue un peu plus tard va, grâce à l'énorme contingent de faits nouveaux qu'elle apporte, et aux observations variées et surtout comparatives qu'elle renferme, permettre d'asseoir la géologie actuelle sur des bases plus solides. La chimie et la minéralogie cristallographique vont naître concurremment avec la paléontologie, et dès lors la géologie va marcher à pas de géant dans la voie qui lui a été tracée grâce aux élèves et aux disciples que Werner et de Saussure avaient créés.

J'ai cru devoir vous présenter ce court exposé préliminaire, parce que parfois certaines idées émises par de Saussure pourraient nous paraître curieuses aujourd'hui; mais en nous reportant aux dates, nous verrons combien elles étaient merveilleuses pour leur époque. Du reste dans les quelques lignes qui vont suivre on pourra constater combien Élie de Beaumont avait raison lorsqu'en 1845 il disait : de Saussure possède à un degré éminent l'instinct de la vérité.

Le Salève, ce premier chaînon des Alpes, qui mériterait de figurer dans les annales de la géologie par les nombreux travaux et discussions qu'il a suscités, devait en premier lieu attirer l'attention de de Saussure. Il lui consacre en effet plusieurs chapitres, dans le premier volume de ses voyages. La description qu'il en fait est d'une fidélité telle, qu'elle pourrait figurer encore aujourd'hui comme un modèle d'exactitude et d'esprit d'observation. La conception qu'il s'est faite de la montagne est des plus nettes. Cette dernière, calcaire dans son ensemble, est constituée par des

couches qui ont une inclinaison commune et générale du côté des Alpes vers lesquelles elles plongent, tandis que du côté de Genève elles présentent leurs tranches coupées à pic. Cette disposition des couches du Salève il l'a également remarquée sur d'autres montagnes, et nous le verrons plus tard résumer les observations de ce genre qu'il a faites, en une loi générale sur la disposition orogénique des montagnes secondaires.

Mais les couches dont nous venons de parler ne constituent pas à elles seules la montagne; il en a rencontré d'autres fort différentes, voici la description qu'il en donne :

Outre ces grandes couches, qui constituent le corps de la montagne et qui peuvent être mises dans la classe des couches horizontales, on en trouve d'autres dont l'inclinaison est absolument différente. Elles sont situées au bas du Grand-Salève, du côté qui regarde notre vallée, on les voit s'appliquer contre les tranches inférieures des bancs horizontaux; elles sont elles-mêmes perpendiculaires à l'horizon, ou très inclinées en appui contre la montagne.

Il a suivi ces couches sur tout le flanc du Salève, et les trouve tantôt s'élevant à une grande hauteur, tantôt plus basses manquant même en certains endroits. Mais cette absence ne lui paraît pas originelle; elles ont dû là où elles manquent être enlevées par une érosion postérieure dont il va nous expliquer la cause; c'est sans doute pour la même raison qu'il ne les a pas retrouvées sous le Petit-Salève, il lui semble également qu'elles ont pu être recouvertes par les éboulis.

La précision avec laquelle ces couches verticales du valangien sont décrites est d'autant plus remarquable que, beaucoup plus tard en 1865, leur existence a été mise en doute par Ruskin malgré leur évidence. Celui-ci ne veut y voir que des divisions produites par le clivage.

De Saussure avait aussi reconnu que bien que formant la plus grande partie du Salève, le calcaire n'était pas le seul élément constituant de cette montagne. Les grès sidérolitiques, pas plus que la molasse ne lui avaient échappé; il ne paraît cependant pas les séparer de cette dernière.

Malgré l'entassement incohérent des blocs de ce grès siliceux qu'il a rencontré en différents endroits, et les difficultés qu'on éprouve à y retrouver les indices d'une stratification quelconque, il n'hésite pas à reconnaître leur plongement concordant avec les calcaires auxquels ils sont superposés. Ces grès, il les estime avoir recouvert antérieurement une surface beaucoup plus grande de la montagne, mais leur peu de cohérence a fait qu'ils ont été rapidement détruits; peut-être les sables de la Croisette en sont-ils les derniers vestiges.

J'ajouterai que s'il ne discernait pas une différence d'âge entre ces grès et la molasse il avait toutefois fort bien remarqué leur différence pétrographique. Quant à la molasse elle-même il la retrouve sur toute la croupe du Salève recouvrant les calcaires et suivant leur inclinaison. Il mentionne également en citant ses caractères le poudingue interstratifié entre la molasse et le calcaire, qui recouvre les derrières du Petit-Salève.

On peut voir par ce qui précède que de Saussure connaissait le Salève dans tous ses détails extérieurs. Il ne faudrait cependant pas vouloir trouver chez lui une classification et une nomenclature des différentes couches calcaires qui constituent la montagne; ceci n'était pas possible à une époque où la paléontologie et les subdivisions basées sur elle n'existaient pas encore.

Une des observations les plus intéressantes faites par de Saussure, est celle qui concerne les blocs granitiques étrangers dont la surface du Salève était parsemée, et la liaison de ces derniers avec les causes qui ont produit l'aspect dénudé du versant genevois de cette montagne. Celle-ci a dû selon lui subir l'action d'une puissante érosion, que, d'après les idées neptuniennes qui régnaient à cette époque, il attribue à un grand courant auquel le Salève aurait en quelque sorte servi de parois d'écoulement. La profonde coupure de Monnetier doit être rattachée à un phénomène semblable, et a été creusée, dit-il, par un courant descendant de la vallée de l'Arve, qui aurait par ce fait opéré sa jonction avec le courant principal. Quant à ces blocs étrangers qu'il rencontre non

seulement dans le vallon de Monnetier mais encore sur le Grand et le Petit-Salève; il les a étudiés et suivis pour ainsi dire un à un sur la crête du Grand-Salève, et les a rencontrés presque sans interruption jusqu'à la Croisette; de là au Piton ils font défaut. Tantôt leur nature pétrographique est la même, tantôt au contraire elle varie d'un bloc à l'autre. L'observation minutieuse qu'il a faite de ces blocs, la manière dont ils reposent sur les calcaires sous-jacents, leur position enfin lui font de suite reconnaître qu'il ne faut point y voir des projections volcaniques exceptionnelles venues du centre du massif, mais au contraire qu'ils sont là en place, déposés grâce à l'intervention d'un agent mécanique de transport, attribué par lui toujours au grand courant dont nous avons parlé, qui les amena du haut des Alpes lors d'un grand cataclysme.

Dans d'autres chapitres il parle encore de blocs analogues qu'il a observés en divers endroits, et dont il a reconnu la provenance exacte en les comparant avec d'autres roches, qu'il avait vues en place lors de ses grands voyages dans la chaîne principale. C'est ainsi qu'il arrive à la conclusion que ces blocs sont venus du Valais et de la Savoie.

Il me paraît vraiment étonnant qu'après les observations si exactes qu'il avait faites sur les blocs étrangers du Salève et d'autres localités, qu'après les déductions d'une logique surprenante qu'il en avait tirées, qu'après enfin avoir étudié d'une manière approfondie, les glaciers contemporains, leurs extensions et reculs, leurs moraines et les blocs qu'ils charrient, de Saussure ne soit pas arrivé à la conception de la théorie glaciaire dont il était si près. Quoi qu'il en soit l'interprétation des faits qu'il avait observés restera toujours fort remarquable; pendant longtemps elle fut une des bases de la théorie des Neptuniens, et beaucoup plus tard encore Léopold de Buch, durant une réunion de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, sur le mont Gosse, en face d'un gros bloc erratique qu'on avait déblayé pour la circonstance et qu'on peut y voir encore aujourd'hui, soutenait contre Agassiz la théorie neptunienne des blocs erratiques.

Actuellement, il est vrai, cette théorie a vécu ; mais nous ne devons pas hésiter à reconnaître qu'elle a été la cause directe d'une multitude de travaux et de recherches qui contribuèrent puissamment à faire de la géologie une science vraiment basée sur l'observation pure. C'est ainsi que bien souvent une théorie fausse en réalité, mais d'une conception hardie, peut provoquer une profonde réaction dans le domaine de la science, et être la source d'un mouvement très considérable. Léopold de Buch et Élie de Beaumont en resteront la preuve éternelle.

Maintenant, après avoir exposé les recherches de de Saussure sur le Salève et sur les phénomènes géologiques qui s'y rattachent, examinons sa théorie sur la formation de la montagne et sur l'origine des couches verticales qui s'appuient contre elle. Il pensait que primitivement les couches de la montagne devaient avoir eu des inclinaisons correspondantes de chaque côté, mais que, par un phénomène dont il ignore la cause, la partie qui regarde Genève a été détruite, ne laissant ainsi que des couches tranchées perpendiculairement et escarpées. Quant aux couches verticales elles se seraient formées en s'appuyant contre ces tranches. Toutefois il ne conteste pas que la montagne ait pu se former telle quelle, seulement il reste toujours à expliquer l'origine de ces couches verticales. Il a bien pressenti qu'il se pourrait fort bien (ce que nous savons être exact) qu'elles fussent la continuation de celles qui se trouvent au sommet de la montagne ; il a même reconnu bien des ressemblances entre la nature pétrographique des calcaires du haut et du bas, mais l'argument qui lui semble trancher négativement la question, c'est la différence qui existe entre l'épaisseur des couches du sommet et celles du pied de la montagne. Cette interprétation comme on le voit, diffère sensiblement de notre manière de voir actuelle, mais elle montre cependant jusqu'à quel point de Saussure avait l'intuition des différentes solutions qu'on pouvait donner au problème, et cela à une époque bien proche de celle où Buffon considérait les couches des montagnes comme presque toutes horizontales. Il ne faut pas oublier non plus que de Saussure ne possédait aucun des puissants moyens d'investigation que le géologue a tirés

de la paléontologie moderne. Nul doute que s'il les eût connus, il ne fût arrivé à identifier les couches verticales à celles du haut de la montagne, et ne fût ainsi parvenu à la conception exacte que nous avons actuellement de sa structure.

Les Voirons tiennent aussi leur place dans l'ouvrage de de Saussure, non pas qu'il les ait peut-être étudiés d'une manière aussi complète et spéciale que le Salève, ce qui nous fait avec Favre regretter les temps heureux où les naturalistes pouvaient donner peu de détails scientifiques dans une œuvre de haute importance. Cependant il a reconnu les grandes lignes de cette montagne et comme il le dit lui-même : Celle-ci diffère autant du Salève par son extérieur que par son intérieur.

Tandis que dans cette montagne le calcaire domine, aux Voirons au contraire les grès sont la règle; mais un grès spécial, qu'il ne me paraît pas confondre avec la molasse, et qui, de même que cette dernière a ses grains agglutinés par un ciment calcaire. Sur le versant alpin les couches de grès, fidèles à la loi générale que nous le verrons énoncer tout à l'heure, plongent comme celles du Salève du côté des Alpes sous une pente plus forte cependant. Mais cette inclinaison n'est pas unique, on en observe une deuxième dans les couches qui sur l'autre versant de la montagne deviennent presque perpendiculaires à l'horizon. Ces grès cependant bien que fort prédominants sont accompagnés à l'extrémité méridionale de la montagne et à la moitié de sa hauteur de bancs calcaires, également perpendiculaires à l'horizon, et dirigés de l'est à l'ouest.

Voici quelle est en gros la disposition de cette montagne. De Saussure n'a pas cherché à donner une explication de la structure qu'il avait observée; il ne le pouvait pas encore. J'ajouterai en passant que c'est à notre défunt collègue Alph. Favre, que revient l'honneur d'en avoir débrouillé la structure compliquée, et d'en avoir donné l'explication généralement adoptée aujourd'hui.

Si maintenant nous nous enfonçons plus profondément dans la vallée de l'Arve, nous rencontrerons le Môle, montagne sur laquelle de Saussure

fit de nombreuses ascensions. Mais avant de parler du Môle nous dirons quelques mots des petits coteaux molassiques qu'il a si bien examinés soit à Boisy, soit à Monthoux et à Ésery. La molasse de ces deux derniers est semblable, et ses bancs descendent vers l'est-sud-est sous des angles très petits. Les autres coteaux qu'on voit aussi plus au sud sont également molassiques. Partout comme au Salève cette molasse est couverte de blocs granitiques étrangers dont il constate l'identité avec les roches du centre de la chaîne. Mais il reconnaît bien vite que ces blocs ne sont pas contemporains de la molasse qui les supporte. Remarquant que les couches molassiques ne renferment aucun corps étranger dans leur sein bien que leur surface soit recouverte d'une multitude de fragments :

C'est à cette observation, dit-il, que je dois la correction de l'idée que j'avais d'abord conçue sur la formation des grès de notre pays. Je croyais que les sables qui sont la matière de ces grès avaient été charriés par les mêmes courants qui ont transporté chez nous tant de fragments de rochers des Alpes, mais en voyant à découvert les roches de Massongy et de Marignan et divers bancs au-dessous du Châtelard, je m'étonnais de n'apercevoir aucun de ces fragments dans des masses d'une si grande étendue, et cela me fit comprendre que les sables dont ces grès sont composés, ne pouvaient être accumulés dans le même temps, et par la même cause qui a transporté ces fragments.

Quant au Môle lui-même, la manière dont il s'exprime à son sujet justifie cet instinct de la vérité qu'Élie de Beaumont se plaisait à lui reconnaître.

Il avait de suite en effet reconnu que cette montagne appartenait à un système distinct et à des formations absolument différentes de celles qui se trouvent de l'autre côté de l'Arve, au Brezon par exemple; il dit lui-même :

Quant à la structure des montagnes qui bordent cette vallée, si on s'informe d'abord de leur correspondance, je dirai que le Môle et le Brezon placés à son entrée, l'un vis-à-vis de l'autre, sont à la même hau-

teur, et tous deux calcaires; mais qu'il n'y a nulle parité entre eux. La couleur et la qualité de la pierre, la forme générale, la structure et la situation des couches, sont absolument différentes.

Cette différence, il l'observe non seulement au Môle et au Brezon, mais il en fait le trait caractéristique de toutes les montagnes qui bordent les deux côtés de la vallée.

Les montagnes qui bordent cette vallée, dit-il, sont encore plus dissemblables, on n'observe plus aucune correspondance entre les angles saillants et rentrants.

Cette observation me paraît avoir une grande valeur, car elle montrait déjà à cette époque, un des traits les plus caractéristiques de la structure géologique des montagnes de la Savoie, à droite et à gauche de la vallée de l'Arve, et ceci bien avant qu'on l'ait établi par la paléontologie.

Le Môle est de composition calcaire. Les couches y sont dirigées en partie du nord-nord-ouest au sud-sud-est mais on trouve aussi des bancs dirigés NNE à SSO dans la partie septentrionale de la montagne. Ces bancs sont un calcaire d'un rouge vineux, disposés en feuillets peu épais, coupés par des plans de clivage. Au sommet, la montagne ne montre que des couches bouleversées dont il ne démêle pas la position. La situation des couches du Môle lui paraît remarquable en ce sens que les strates ne courent point parallèlement au grand diamètre de la montagne, mais au contraire le coupent perpendiculairement.

C'est en parlant du Môle que de Saussure va nous donner cette loi qui lui paraît être générale, et qu'il exprime en disant que :

Les montagnes secondaires sont d'autant plus irrégulières et plus inclinées qu'elles se rapprochent plus des primitives. Cette loi se vérifie dans bien des cas, et nous aurons l'occasion de l'appliquer tout à l'heure.

C'est également depuis le Môle, qu'il a contrôlé une observation importante qu'il avait déjà faite antérieurement depuis le sommet d'une autre montagne, et qui régit l'orographie d'une partie de la Savoie à savoir que :

Les chaînes extérieures, c'est-à-dire celles qui sont le plus éloignées

du centre du massif, tournent le dos à ce dernier et dirigent leurs escarpements du côté du lac, tandis que les chaînes intérieures au contraire ont ces mêmes escarpements qui regardent le massif central, pendant que leur croupe se tourne contre le lac. Voici du reste comment il s'exprime à cet égard.

On a déjà vu, dit-il, que le mont Salève, les Voirons, les monticules des Allinges, et la première chaîne située derrière ces diverses montagnes, ont toutes leurs escarpements tournés contre le lac. Du sommet du Môle, on confirme cette observation et on voit de plus, en regardant à l'est-nord-est que les deux chaînes qui suivent la première, ont aussi leurs escarpements tournés de ce même côté. On voit même, que quoique ces chaînes se dirigent à l'est en suivant le contour du lac, cependant leurs escarpements continuent de faire face au lac et les pentes de descendre vers l'intérieur des montagnes. Au contraire leurs chaînes plus intérieures tournent le dos à la partie extérieure des Alpes et présentent leurs escarpements à la chaîne centrale.

Tout le monde sait que cette loi est l'expression exacte, de la disposition des chaînes situées entre la rive gauche de la vallée de l'Arve, et le lac d'Annecy. Si partant du Salève, qui, lui aussi obéit à la règle générale, nous marchons dans une direction perpendiculaire aux chaînes qui lui sont parallèles, nous rencontrerions successivement le mont Brezon, le mont Leschaud, la chaîne des Vergys, qui sont tous en effet constitués par une succession d'anticlinales et de synclinales, les premières rompues et déjetées, la rupture étant toujours tournée contre le lac. Il en est de même pour les chaînes qui sont plus ou moins situées sur leur alignement comme le Parmelan Soudines, le mont Ferret, la Tournette, etc.

Mais si cheminant toujours normalement à la direction des chaînes, et se rapprochant de plus en plus du massif central, on arrive à celle des Aravis, qui constitue la dernière chaîne crétacée en avant des Alpes proprement dites; l'escarpement de la montagne est dirigé contre la chaîne centrale, tandis que sa croupe regarde Genève. Là aussi le voisinage du massif central va se traduire par une irrégularité et par un

bouleversement des couches, conformément à la première loi énoncée par de Saussure. En effet dans la synclinale comprise entre les Vergys et la chaîne des Aravis, le grès nummulitique est recouvert par les couches nettement caractérisées du trias et du lias. Or il semble résulter des dernières observations de Maillard sur cette région, que ce phénomène serait dû à un gigantesque pli couché venant de Mégève, qui aurait charrié en quelque sorte les lambeaux triasiques et liasiques pour en recouvrir le macigno alpin.

Si cette manière de voir est définitivement adoptée, les approches des chaînes secondaires avec les chaînes centrales, se traduiraient donc bien dans ce cas par les irrégularités mentionnées par de Saussure dans sa première loi.

Quant aux montagnes dont nous venons de parler, de Saussure les a parcourues pour la plupart, après en avoir reconnu l'allure générale. Malheureusement les détails qu'il en donne sont fort restreints. Le Brezon, vis-à-vis du Môle, est foncièrement calcaire de même que les chaînes qui le suivent; son sommet est coupé à pic du côté du lac, tandis que ses couches supérieures descendent vers les Alpes. Mais ici comme au Salève on trouve des bancs presque perpendiculaires à l'horizon qui s'appuient contre le pied de la montagne, dans sa partie méridionale, et qui se prolongent fort en avant jusqu'au delà de Songy. Le Brezon est séparé du mont Vergy par le petit vallon synclinal de Solaizon, qu'il a aussi visité sans nous en donner de plus amples détails. Parlant ensuite des Vergys dont il a gravi les sommets et reconnu la structure :

On peut, dit-il, des environs de Songy, observer la structure de la dernière montagne de cette chaîne. Ses couches horizontales au sommet, se recourbent à angle droit, et descendent de là perpendiculairement au côté nord-ouest. On dirait qu'elles ont été ployées comme par un violent effort, on les voit séparées et éclatées en divers endroits.

Ailleurs il a aussi observé des ploiements et des contournements de couches semblables, et parlant des montagnes du Nant d'Arpenaz, et y cherchant la cause de l'inflexion singulière des couches, il lui répugne

de rattacher ce phénomène à l'action des feux souterrains qui auraient provoqué sans doute des ruptures et des éclatements. Ces bouleversements feraient supposer plutôt un temps où les couches étaient encore molles et flexibles. Peut-être la cristallisation pourrait-elle expliquer ce phénomène, si l'on ne retrouvait pas les mêmes couches dans une position tout à fait normale et telles quelles, et si quand elles sont ployées elles ne montraient pas des ruptures dans les inflexions un peu fortes.

Sans être arrivé à la conception actuelle du phénomène, on remarquera combien ses observations et sa logique étaient rigoureuses.

Je n'ajouterai que quelques mots à propos de la vallée du Reposoir et de la chaîne des Aravis. De Saussure a visité la première et nous parle de quelques fossiles qu'il y a trouvés; quant à la seconde il se borne à mentionner sa nature calcaire ainsi que son orientation et son orographie générale.

Avant de terminer je desirerai relever une critique que certains auteurs ont faite à de Saussure. On lui a reproché d'avoir négligé le côté paléontologique et surtout d'avoir méconnu son importance pour l'âge comparatif des terrains et la détermination de leur identité. Je me bornerai pour cela à citer *in extenso* cette phrase, qu'il écrit dans un autre chapitre au sujet du Jura et des chaînes qui s'y rattachent. Parlant des couches inclinées qui forment certaines voûtes de cette montagne et, de leur raccordement avec les bancs horizontaux des plaines, il dit :

Les bancs qui constituent les bases de ces plaines paraissent être la continuation de ceux du Jura; leur nature intime, leur couleur, *les fossiles qu'on y trouve sont les mêmes* que dans les petites montagnes qui terminent le Jura, au-dessus de ces plaines.

Je reconnais que dans bien des cas la description et la mention des fossiles trouvés dans les montagnes dont nous avons parlé est peut-être rapide, mais cette similitude des fossiles, qui lui sert à établir l'identité des couches inclinées avec celles qui sont horizontales, montre clairement, à mon avis, qu'il avait la notion de l'importance de ce caractère.

Il y aurait encore beaucoup à ajouter au sujet des montagnes situées

sur la rive droite de l'Arve. mais ceci sortirait du cadre que doit avoir ce petit travail. Les quelques pages qui vous ont été présentées ont été inspirées par la lecture directe des voyages dans les Alpes en laissant systématiquement de côté les nombreuses notices antérieures qui ont été écrites sur de Saussure. Je serai heureux si elles ont pu vous faire partager l'admiration que je ressens, pour celui qui fut non seulement un des plus grands hommes dont Genève s'honore, mais encore un des plus grands savants de son époque.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — N° 4.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

RECHERCHES

SUR

L'APPAREIL RESPIRATOIRE CENTRAL

PAR

LE Dr H. GIRARD
Privat-docent à l'Université de Genève.

TRAVAIL DU LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE GENÈVE
COURONNÉ PAR L'ACADÉMIE DE MÉDECINE DE PARIS

AVEC 42 FIGURES DANS LE TEXTE

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

INTRODUCTION

Galien et *Legallois* nous ont montré la voie qui doit conduire à la connaissance des centres respiratoires. Plusieurs physiologistes, dont les noms seront cités dans les lignes suivantes, ont planté encore quelques jalons. Mais la solution définitive de cet intéressant problème serait retardée, si nous suivions plusieurs auteurs contemporains qui, *sit venia verbo*, semblent avoir perdu de vue l'ensemble des actes mécaniques et des phénomènes chimiques de la respiration.

Les muscles de la glotte et des parois thoraciques, le diaphragme, plusieurs des muscles innervés par le nerf facial montrent dans certaines conditions des contractions que nous pouvons à la rigueur considérer comme des *mouvements respiratoires* Legallois a comparé la tête d'un animal décapité à celle d'un animal qui asphyxie. Quelques secondes après la décollation, on voit survenir des mouvements de la bouche et des naseaux qui persistent environ pendant deux minutes, parfois un peu plus longtemps[1] ; si la tête qui vient d'être séparée du tronc est abandonnée à elle-même, les bâillements vont en s'affaiblissant de plus en plus et les narines sont les dernières à se dilater ; mais en y produi-

[1] Ces convulsions ne se montrent que très rarement dans la tête des suppliciés. C'est que, chez l'homme plus encore que chez les animaux, la décapitation détermine brusquement cette suspension de l'activité nerveuse à laquelle M. *Brown-Séquard* a donné le nom d'*inhibition* et qu'on nous permettra d'appeler *choc*, ce mot ayant cet avantage qu'il n'affirme rien au sujet de la nature de phénomènes encore très obscurs. Cependant M. *Gad* (Virchow-Hirsch's Jahresbericht, 1886, p. 175) a pu observer une fois, pendant une minute et demie, des mouvements analogues à ceux de la plus forte dyspnée. Le cou avait été sectionné entre la quatrième et la cinquième vertèbre.

sant une circulation artificielle, nous pouvons provoquer dans cette tête détronquée une série presque indéfinie de mouvements assez régulièrement espacés et rythmés, dont l'analogie avec les efforts dyspnéiques est frappante et qui sont d'ailleurs évidemment régis par les centres bulbaires. Jetons maintenant un coup d'œil sur le tronc décapité. Il exécute des mouvements plus ou moins étendus, plus ou moins associés, qui varient dans les diverses espèces animales. Notons que tous les expérimentateurs ont vu, chez le chien décollé, par exemple, immédiatement après la chute du couteau, une profonde inspiration. Cette contraction unique des muscles thoraciques et du diaphragme est très probablement un phénomène d'hyperinnervation, un tétanos des muscles innervés par les phréniques et les intercostaux, dû à l'excitation directe de la moelle sectionnée[1]; quoi qu'il en soit, c'est sans arrière pensée que nous donnons aussi à ce mouvement l'épithète de respiratoire, et nous savons d'ailleurs que, dans des conditions spéciales, la moelle épinière séparée du bulbe peut présider à des séries de mouvements analogues.

Mais quelques contractions isolées des muscles respiratoires ne font pas la *respiration :* ce qui constitue, à proprement parler, l'acte respiratoire, c'est la coordination des divers mouvements actifs et passifs que nous constatons dans les inspirations et les expirations normales d'un animal vivant dans les conditions physiologiques. Le rythme, la force de ces mouvements peuvent être modifiés sous des influences pathologiques, mais si leur nombre et leur ordre de succession sont changés, nous ne sommes plus en droit de parler de respiration. Nous savons d'ailleurs que l'oxygène doit être fourni en quantité suffisante aux tissus animaux, auxquels il apporte la vie, et que la diminution de l'oxygène dans l'organisme se manifeste en premier lieu par le *besoin de respirer*[2]. Des

[1] Chez l'homme, le choc se présente à un haut degré dans la moelle isolée.

[2] D'après des travaux récents du laboratoire de physiologie animale de l'École d'agriculture de Berlin (*J. Geppert* und *N. Zuntz*, Ueber die Regulation der Athmung, Pflüger's Archiv, Bd. 42, p. 189 et suiv. ; *A. Loewy*, Experimentelle Studien über das Athemcentrum in der Medulla oblongata

mouvements respiratoires qui ne sont pas réglés sur ce besoin, des séries d'inspirations et d'expirations faibles et insuffisantes pour entretenir la vie n'ont avec la respiration physiologique qu'une ressemblance très éloignée. C'est là une banalité, nous en convenons, mais c'est aussi une vérité bonne à redire.

Nous admettons qu'une fonction est régie par un centre nerveux, quand l'extirpation d'une partie de l'axe cérébro-spinal entraîne fatalement la cessation de cette fonction, ou quand elle est supprimée par l'interruption des communications qui existent normalement entre le système nerveux central et l'organe périphérique. Une partie du myélencéphale peut, sous l'influence d'une excitation quelconque, modifier momentanément le rythme ou la puissance de la respiration sans être pour cette raison un centre respiratoire; bien plus, nous prétendons que l'excitation de tout élément nerveux sensitif, central ou périphérique peut produire le même effet. Il nous paraît donc évident que, dans des recherches comme celles que nous avons entreprises, les excitations électriques constituent un moyen d'investigation défectueux et que les expériences destructives ont seules une valeur réelle.

Pour nous, les *centres respiratoires* sont les régions du système nerveux central dont l'*ablation* (ou l'élimination) détermine l'*arrêt définitif de la respiration normale.*

C'est à ce point de vue que nous nous plaçons en entreprenant cette étude.

Pour établir d'une façon irréfutable l'existence d'un centre et en

und die Bedingungen seiner Thätigkeit, ibid., p. 245 et suiv. ; *A. Loewy,* Beitrag zur Kentniss der bei Muskelthätigkeit Gebildeten Athemreize, ibid., p. 281 et suiv.; *Curt Lehmann,* Ueber den Einfluss von Alkali und Säure auf die Erregung des Athemcentrums, ibid., p. 284 et suiv., etc.). les centres respiratoires seraient excités physiologiquement, non seulement par le défaut d'oxygène ou par l'excès d'acide carbonique dans le sang, mais aussi par la présence dans le torrent de la circulation des produits chimiques de l'activité musculaire, *substances très oxydables* (Loewy) qui ne sont pas éliminées par les reins, qui déterminent le besoin de respirer et sont détruites dans l'organisme, soit par la respiration normale, soit par la respiration exagérée (dyspnée) que provoque leur accumulation.

déterminer la topographie, il importe de ne pas se laisser égarer par les effets temporaires locaux ou à distance de la lésion expérimentale ou accidentelle, par le traumatisme du système nerveux; mais nous avons pu nous convaincre qu'en évitant les instruments contondants, en se servant toujours d'instruments tranchants bien aiguisés et opérant avec dextérité, on peut réduire le choc à un minimum. Dans nos recherches sur l'hémiplégie respiratoire, nous n'avons d'ailleurs pris en considération que les symptômes que nous avons vus persister pendant plusieurs jours et même, dans un certain nombre de cas, pendant quelques semaines ou quelques mois, et que nous pouvons donc considérer comme permanents.

Toutes les expériences rapportées dans les pages suivantes ont été faites sur des mammifères. Nous nous sommes servi de grenouilles et de crapauds pour un certain nombre d'observations préliminaires, mais le type respiratoire tout spécial des batraciens ne peut fournir que quelques données générales directement applicables à la respiration des animaux supérieurs. Nous avons pu disposer de lapins et de rats albinos en quantité suffisante et il nous a été possible aussi de faire un nombre malheureusement restreint d'observations sur des chiens et sur des chats; ce que nous avons vu nous permet d'admettre d'ailleurs que les centres respiratoires ont chez ces divers animaux, sinon une similitude complète, tout au moins une très grande ressemblance.

HISTORIQUE

Galien a déjà décrit, en s'appuyant sur une série d'expériences méthodiques, les symptômes qui se présentent à la suite des sections de la moelle épinière à diverses hauteurs..... « Si in media tertiæ et quartæ vertebræ regione totam ipsam persecueris, spiratione confestim animal destituitur, non solum thorace, verum etiam infra sectionem toto corpore facto immobili. Atqui perspicum est q. si post secundam aut priorem vertebram, aut in ipso spinalis medullæ principio sectionem ducas, repente animal corrupetur : verum si post sextam vertebram medullam spinæ totam secueris transversam : (semper enim id subaudiendum est toti quidem thoracis musculi statim motum amittunt, solius autem diaphragmatis beneficio animans respirat : inferiores vero hac vertebra sectiones spinæ pennultis ipsius partibus thoracem moveri concedunt, nam maxima sublimium ipsius musculorum conjugatio duplicem utrorumque nervorum originem sortita, processum alterius cunjugii majoris plurimum post sextam vertebram exigit. Etenim hujus gratia post septimam vertebram spinalis sectionis utraque musculorum conjugia functionem obire non impediunt. His magis sectiones post octavam aut nonam factæ. Siquidem et alia nervorum principia assumunt, et musculorum membraneorum actionem retrorsum adsciscunt, atque inspirare animal videtur ambabus thoracis partibus, superiore, et inferiore, prœterquam si prava respiratione indigeat, nam tunc etiam dia-

phragma solum ei sufficit..... (De Anatomic. Administr. Lib. VIII, p. 121, J. Guinterio, interprete, Parisiis apud Simonem Colinæum, 1530.

Lorry (Sur les mouvements du cerveau, Académie des Sciences, Mémoires des savants étrangers, 1760, t. III) a vu aussi que la section de la moelle épinière entre la première et la deuxième vertèbre cervicales anéantit sur le coup la respiration et la vie.

Dans une série de recherches « sur le principe de la vie, » *Legallois* a étudié sur des lapins âgés de moins de dix jours l'influence du cerveau et de la moelle sur la circulation et sur la respiration. Gallien et la plupart des auteurs qui avaient abordé ces questions considéraient le cerveau comme la source unique de la vie et de tous les mouvements. En explorant successivement les diverses parties de l'axe cérébro-spinal, Legallois sut s'affranchir de cette idée et déclara que « le principe du sentiment et des mouvements du tronc a son siège dans la moelle épinière. » (Expériences sur le principe de la vie, Paris 1812, page 138.)

En 1811, cet illustre physiologiste répéta les plus importantes de ses expériences devant une commission de l'Institut. Nous extrayons les ligues suivantes du Rapport signé par MM. de Humboldt, Hallé et Percy.

«..... L'auteur a pris un lapin âgé de cinq à six jours; il a détaché le larynx de l'os hyoïde, et mis la glotte à découvert pour qu'on pût en observer les mouvements, après quoi il a ouvert le crâne et extrait d'abord le cerveau, puis le cervelet. Après cette double extraction, les inspirations ont continué; elles étaient caractérisées chacune par quatre mouvements qui se faisaient simultanément; savoir un bâillement, l'ouverture de la glotte, l'élévation des côtes et la contraction du diaphragme. Ces quatre mouvements ayant été bien constatés..... l'auteur a extrait la moelle allongée, et à l'instant même, ces mouvements ont cessé tous ensemble. On a reconnu que la portion de moelle allongée extraite, s'étendait jusqu'auprès du trou occipital, et qu'elle comprenait l'origine des nerfs de la huitième paire.

La même expérience a été répétée sur un autre lapin de même âge

avec cette différence, qu'après l'extraction du cerveau et du cervelet, au lieu d'enlever de prime abord une aussi grande étendue de moelle allongée, on l'a extraite successivement par tranches d'environ trois millimètres d'épaisseur. Les quatre mouvements inspiratoires ont continué après l'extraction des trois premières tranches, mais ils se sont arrêtés tout à coup après celle de la quatrième. On a vérifié que la troisième tranche finissait à la partie postérieure et assez près du pont de Varole, et que la quatrième embrassait l'origine des nerfs de la huitième paire[1].

..... On a procédé de la même manière sur un chat âgé de cinq semaines; seulement avant d'enlever par tranches la moelle allongée, on a coupé les deux nerfs récurrents. Aussitôt la glotte s'est fermée, et elle est demeurée immobile dans cet état; mais les trois autres mouvements... ont continué, et ne se sont arrêtés qu'au moment où l'on a enlevé, dans la moelle allongée, l'origine des nerfs de la huitième paire.

Il est évident que si, au lieu de détruire ce lieu dans lequel réside le premier mobile de tous les mouvements inspiratoires, on se bornait à l'empêcher de communiquer avec les organes qui exécutent ces mouvements, on produirait un effet semblable, c'est-à-dire qu'on arrêterait ceux de ces mouvements dont les organes ne communiqueraient plus avec le lieu dont il s'agit..... Or il est clair que c'est par les nerfs intercostaux, et par conséquent par la moelle épinière, que la moelle allongée agit sur les muscles qui soulèvent les côtes, et que c'est par les nerfs diaphragmatiques, et par conséquent encore par la moelle épinière, qu'elle agit sur le diaphragme. En coupant la moelle épinière sur les dernières vertèbres cervicales, et au-dessous de l'origine des nerfs diaphragmatiques, on doit donc arrêter les mouvements des côtes, et non ceux du diaphragme; et en coupant cette moelle entre l'occiput et l'ori-

[1] On sait que, suivant la nomenclature des nerfs crâniens établie par *Willis*, on considérait comme la huitième paire, à cette époque, le glosso-pharyngien, le pneumo-gastrique et le spinal réunis.

gine des nerfs diaphragmatiques, on doit faire cesser à la fois les mouvements des côtes et ceux du diaphragme. C'est en effet ce qui a lieu.....

Ce n'est pas seulement dans les animaux à sang chand que ces expériences ont les résultats que nous venons d'indiquer. Pour prouver que ces résultats tiennent à des lois générales de l'économie animale, et que la puissance nerveuse est distribuée et se régit d'une manière uniforme dans tous les animaux vertébrés, l'auteur a pris une grenouille, et après avoir fait remarquer que, dans ces animaux qui n'ont ni côtes, ni diaphragme, il n'y a que deux mouvements inspiratoires: savoir ceux de la glotte qui s'ouvre en forme de losange et ceux de la gorge, laquelle s'abaisse et s'élève alternativement, il a retranché la moitié antérieure du cerveau, les deux mouvements ont continué; il a détruit ensuite environ la moitié de ce qui restait de ce viscère, les mêmes mouvements ont encore continué; enfin il a poussé la destruction du cerveau jusqu'auprès du trou occipital, et à l'instant les deux mouvements se sont arrêtés sans retour. La moelle épinière a été coupée dans une grenouille sur la troisième vertèbre, les mouvements inspiratoires ont continué. Elle a été coupée entre l'occiput et la première vertèbre dans une troisième grenouille, et à l'instant les mouvements de la gorge, lesquels représentent ceux du diaphragme, se sont arrêtés..... »

Conclusion de Legallois : « Ce n'est pas du cerveau tout entier que dépend la respiration, mais bien d'un endroit assez circonscrit de la moelle allongée, lequel est situé à une petite distance du trou occipital et vers l'origine des nerfs de la huitième paire (ou pneumogastriques). » (Loc. cit., p. 37.)

Après Legallois, *Flourens* s'est appliqué à fixer le siège du centre de *coordination* des mouvements respiratoires. (Recherches, etc.)

« Du temps de Legallois, dit-il, la délimitation entre les parties qui *veulent,* les parties qui *coordonnent*, et les parties qui *produisent* le mouvement, n'était pas encore faite. » (Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés, Paris, 1824, p. 182.)

Il conclut de ses expériences :

« 1° Que les lobes cérébraux, le cervelet, les tubercules quadrijumeaux, la moelle lombaire, la portion inférieure de la dorsale, n'interviennent point directement dans la respiration;

2° que la moelle cervicale, la costale, certains points de l'allongée, y interviennent comme agents immédiats et déterminés de certains mouvements inspiratoires;

3° que la moelle allongée y intervient seule comme premier mobile et comme principe régulateur. » (Loc. cit., p. 180.)

Il ajoute :

« La preuve évidente que ce n'est ni uniquement ni même précisément parce qu'elle est l'origine de la huitième paire que, la moelle allongée est le premier mobile de la respiration, c'est que les deux nerfs de la huitième paire peuvent être coupés, et la respiration (quoique dès lors gênée et laborieuse) n'en subsister pas moins fort longtemps encore..... Le principe qui ordonne et détermine le *mécanisme des puissances respiratoires* n'est donc pas dans ces nerfs; car ils peuvent être détruits, et ce principe non seulement subsister, mais déterminer et ordonner encore, comme auparavant, *le mécanisme et le jeu des autres puissances respiratoires* (loc. cit. p. 181).

Nous lisons dans la seconde édition de ce livre (Paris, 1842) :

« J'ai répété ces expériences sur plusieurs autres lapins; le résultat a toujours été le même. J'en conclus, 1° qu'il y a dans les centres nerveux un *point* (point où finit la moelle épinière et où la moelle allongée commence, c'est-à-dire où finit un ordre de phénomènes et où en commence un autre; car, dans une masse de parties continues, la division rationnelle de ces parties ne peut être que la division même de leurs fonctions) auquel la section de ces centres produit l'*anéantissement subit* de tous les mouvements inspiratoires, soit du tronc, soit de la tête; 2° que ce *point* se trouve à l'origine même de la huitième paire, origine qu'il comprend dans son étendue, commençant *avec* elle et finissant *un peu au-dessous;* et 3° enfin que les *limites expérimentales* de ce *point* sont

marquées *au-dessous* par la persévérance des mouvements inspiratoires de la tête, et *au-dessus* par la persévérance de ceux du tronc. »

Enfin, en 1851 [1], cet expérimentateur voulut déterminer d'une façon plus précise encore le *point central* des mouvements respiratoires dans la moelle allongée, et crut le connaître dans la petite portion de substance grise, pas plus grosse qu'une tête d'épingle, qui constitue sur la ligne médiane l'angle postérieur du *calamus scriptorius.* Toute lésion de cette région limitée où la substance grise se concentre sous la forme d'un petit triangle, entraînerait chez les mammifères le brusque et définit arrêt de la respiration et la mort subite. Et ce point, pour Flourens, n'était pas seulement le centre respiratoire; il le comparait au collet des végétaux et le considérait comme le *nœud vital* des animaux supérieurs, dont l'intégrité serait indispensable à l'accomplissement des toutes les fonctions de la vie..... « dont la respiration, l'exercice de l'action nerveuse, l'unité de cette action, la vie entière de l'animal, en un mot, dépendent..... car tout ce qui, du système nerveux, reste attaché à ce point, vit, et tout ce qu'on en sépare, meurt. »

La théorie du *nœud vital* n'a eu qu'une existence éphémère, ou plutôt elle ne fut, à proprement parler, jamais franchement acceptée des physiologistes.

Les sections longitudinales du bulbe pratiquées par *Volkmann* sur des oiseaux (Art. Nervenphysiologie in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Bd. II, 1844) et par *Longet* sur des mammifères (Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux de l'homme et des animaux, *Arch. gén. de méd.*, t. XIII, p. 377, année 1847) avaient déjà démontré que la pointe du calamus scriptorius peut-être sectionnée impunément, et que la coordination des mouvements respiratoires n'est évidemment pas liée indissolublement à l'inté-

[1] Note sur le point vital de la moelle allongée. Comptes rendus de l'Académie des sciences t. XXXIII.

grité du V de substance grise inscrit dans le V des pyramides postérieures.

Voici comment Longet résume ses recherches et exprime son opinion sur ce point (Traité de physiologie, 3me édition, Paris, 1873, p. 739 et 740):

« Guidé par les recherches de mes devanciers, j'ai fait également un assez grand nombre d'expériences qui m'ont conduit à reconnaître que l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire n'a pas son siège *dans toute l'épaisseur* de la rondelle ou du segment du bulbe commençant avec l'origine même de la huitième paire et finissant un peu au-dessous d'elle. En effet, j'ai pu diviser, détruire, à ce niveau, les pyramides antérieures et les corps restiformes, et voir la respiration persister; au contraire, la *destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe*, au même niveau, *a produit l'arrêt instantané de la respiration.*

A cette occasion, je ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches remplissant le rôle de conducteur des impressions et des ordres de la volonté, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal antérieur et restiforme) *est seul pénétré d'une quantité considérable de substance grise, riche en vaisseaux et apte à représenter, au centre du bulbe rachidien, un foyer spécial d'innervation.* C'est donc l'intégrité de ce foyer spécial, composé de substance grise et aidé des fibres du faisceau intermédiaire, qui, d'après mes expériences, est seul nécessaire, chez les animaux, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires; tandis que les facultés motrice et sensitive des parties qui l'avoisinent (pyramides antérieures et corps restiformes) peuvent être suspendues sans danger immédiat pour la vie, comme je l'ai constaté sur les animaux soumis à l'inhalation de l'éther. Est-il d'ailleurs besoin d'ajouter que tous les jours, chez les agonisants et les apoplectiques, on a occasion d'observer que, ne fonctionnant déjà plus comme organe de transmission, ni des impressions sensitives, ni de l'action cérébrale sur les muscles volontaires, cependant le bulbe continue d'agir comme premier moteur du mécanisme respiratoire.

Depuis la publication de nos expériences, en 1847, Flourens . . . .
. . . .

Cependant il nous a été souvent donné de voir, sur les lapins et sur de jeunes chiens ayant subi une pareille lésion, les mouvements respiratoires persister avec leur rythme ordinaire; ajoutons qu'étant d'autres fois parvenu à diviser exactement, sur la ligne médiane, le bulbe rachidien dans toute sa hauteur, *en passant par la pointe du V de substance grise*, nous avions déjà vu antérieurement (voyez mon Traité de physiologie, t. II, 2[me] partie, p. 84, 1[re] édition, Paris, 1850) la respiration continuer avec une certaine régularité.

Il n'en a pas été de même quand l'incision portait obliquement dans la profondeur du *faisceau gris* ou intermédiaire du bulbe : dans ces cas, parfois la mort a été instantanée, chez les chiens *adultes, alors même que la lésion était unilatérale.* »

Milne Edwards a donné à ce *faisceau intermédiaire* le nom de *faisceau respiratoire.*

On sait que *Bell* avait déjà émis une opinion analogue, il attribuait au cordon antérieur de la moelle la conduction des incitations motrices, au cordon postérieur celle des impressions sensitives, et supposait le *faisceau latéral* spécialement en rapport avec les mouvements de respiration, admettant que ce faisceau donnerait naissance aux nerfs facial, glosso-pharyngien, pneumogastrique, spinal, diaphragmatique, *respiratoire externe du tronc* et aux nerfs intercostaux. Les progrès de l'anatomie et de la physiologie ont d'ailleurs modifié toute cette théorie.

Hyrtl s'éleva le premier avec force, dans son « Anatomie topographique, » contre la nouvelle manière de voir de Flourens: « Lorsqu'on se sert d'un emporte-pièce pour enlever le soi-disant nœud vital, dit-il, il est téméraire d'attribuer la mort subite à cette petite perte de substance plutôt qu'à l'ébranlement (on dirait aujourd'hui le *choc*) des parties si vulnérables qui l'avoisinent. »

Brown-Séquard n'a jamais accepté le nœud vital. En 1853 il déclare (Experimental researches applied to physiology and pathology, New-

York) qu'il a vu un grand nombre d'animaux vivre après l'extirpation totale de la moelle allongée, des salamandres et des grenouilles pendant 4 mois, des serpents pendant 2 semaines, des anguilles, 6 jours, d'autres poissons, 1 à 3 jours, des oiseaux nouveau-nés, jusqu'à 20 minutes, des oiseaux adultes, 2 à 3 minutes, des hérissons dans l'hibernation, 1 jour, des chiens, des chats et des lapins nouveau-nés, 26 à 34 minutes, des mammifères adultes, 3 minutes. — Nous lisons dans le *Journal de la physiologie*, 1860, p. 153 : « Dans certains cas et chez certains animaux, on peut voir des mouvements respiratoires s'opérer après l'ablation de la moelle allongée. Le Dr Bennet-Dowler de la Nouvelle-Orléans a signalé cette persistance chez les crocodiles, nous l'avons constatée et nous l'avons fait voir nombre de fois dans nos cours chez les oiseaux. Enfin le Dr B.-W. Richardson de Londres et nous-même l'avons observée chez les mammifères nouveau-nés. » — Aujourd'hui, Brown-Séquard admet que l'on peut enlever l'extrémité du bec du calamus scriptorius sans pour cela troubler en aucune façon le rythme des mouvements respiratoires. Mais pour qu'il en soit ainsi il faudrait, selon cet éminent physiologiste, avoir soin de pratiquer cet enlèvement à distance et de ne pas faire porter l'instrument sur la pointe du V; dans ce dernier cas on irrite cette partie et alors a lieu l'arrêt ou l'inhibition des mouvements respiratoires.

Dans sa « Muskel- und Nervenphysiologie » (Lahr, 1858-59), *Schiff* rapporte des expériences faites en 1852, dans lesquelles il a perforé le bec du calamus à l'aide d'un petit bistouri et pratiqué ensuite une petite section transversale en dirigeant la lame de l'instrument de dedans en dehors à partir de la ligne médiane. L'existence des chiens ainsi opérés, n'était pas immédiatement compromise; les mouvements respiratoires de la tête et du tronc persistaient des deux côtés, et il en était de même lorsqu'une section semblable était faite une ligne plus haut. Cet expérimentateur parvint aussi à enlever sur la ligne médiane, et sur toute la longueur de la moelle allongée, un morceau de substance grise large de 1 $^1/_2$ à 2 lignes, sans détruire la respiration.

Mais elle s'arrêtait subitement dans la moitié correspondante du corps dès que le couteau, porté un peu plus en dehors, coupait d'un côté la partie supérieure et extérieure de l'aile grise.

Schiff tire de ce qui précède les conclusions suivantes :

« 1° Chaque moitié du corps a son centre respiratoire;

2° les deux centres respiratoires sont séparés l'un de l'autre par une masse intermédiaire assez large de substance grise;

3° ces centres se trouvent très peu en arrière du point de sortie des nerfs vagues, près du bord latéral de la masse grise qui forme le plancher du quatrième ventricule; ils s'étendent moins en arrière que l'aile grise elle-même, dont on peut extirper la partie postérieure sans danger immédiat pour la vie. »

En présence des faits signalés par ses nombreux contradicteurs, et à la suite de nouvelles expériences personnelles faites à l'aide d'un scalpel à double tranchant, Flourens modifia de la manière suivante sa première description du centre respiratoire[1] :

..... Le *nœud vital* est double, c'est-à-dire formé de deux parties ou moitiés réunies sur la ligne médiane... Le V de substance grise n'entre pour rien dans le *nœud vital*. On peut enlever le V de substance grise, et l'animal ne s'en ressent point. On peut faire plus, on peut percer de part en part la moelle allongée en passant entre les deux moitiés du *nœud vital*. Si les deux moitiés ne sont pas lésées, ou ne le sont du moins que très peu, l'animal ne s'en ressent point..... Pour que la vie cesse, il faut que les deux moitiés du *nœud vital* soient coupées, détruites, et le soient toutes deux, dans une égale étendue, dans l'épaisseur de *deux millimètres et demi* chacune. »

Gierke[2], cherchant à déterminer la topographie exacte du centre respiratoire bulbaire, a pu pratiquer sur des lapins l'ablation totale de

[1] Nouveaux détails sur le nœud vital, Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1858. Nouveaux éclaircissements sur le nœud vital, d° 1859. Détermination du nœud vital, etc, d°, 1862.

[2] Die Theile der Medulla oblongata, deren Verletzung die Athembewegungen hemmt, und das Athemcentrum, Pflüger's Archiv. 1873, Bd. VII, page 583 et suiv.

l'aile grise des deux côtés et constater après cette opération la persistance de tous les mouvements respiratoires; mais toutes les fois que l'aiguille à cataracte dont il se servait pour ces expériences était poussée un peu plus en dehors, la respiration cessait brusquement dans la moitié du corps correspondant à la lésion. La section isolée du noyau du corps restiforme et celle du noyau sensible du trijumeau ne provoquaient que des troubles momentanés des mouvements respiratoires; il en était de même d'une simple piqûre du noyau postérieur du vague (Dean); mais la destruction totale de ce groupe de cellules entraîne celle d'un certain nombre de fibres d'un faisceau qu'on ne peut pas léser, d'après cet expérimentateur, sans provoquer l'arrêt définitif de la respiration.

Ce faisceau n'est autre que la *Bündelformation* de *Stilling;* presque tous les anatomistes nous le montrent accolé au groupe du pneumogastrique et du glosso-pharyngien; *Clarke* (on the intimate structure of the brain. Philosophical transactions, London, 1868) l'a décrit chez l'homme en lui attribuant un rôle important dans la respiration. *Krause* le considère comme une communication entre le nerf vague et le nerf phrénique et lui donne le nom de *faisceau respiratoire.* Chez le lapin, il est difficile de le suivre exactement, mais Gierke l'a dessiné en comparant plusieurs séries de coupes transversales et longitudinales de bulbes durcis de l'homme, du bœuf, du mouton, du chat et du lapin.

Gierke est parvenu à extirper presque toute une moitié du bulbe en ne conservant de ce côté que le faisceau respiratoire préalablement isolé; l'animal ainsi opéré pouvait vivre encore plusieurs heures, assez longtemps pour qu'il fût possible de constater qu'il respirait symétriquement. Il eût été sans doute très intéressant de pratiquer cette opération des deux côtés, mais la chose ne semble pas praticable, à cause de l'hémorragie de la pie-mère qui suit toute section de la moelle et ne permet pas d'avoir assez longtemps une vue nette du champ opératoire.

Cet auteur ne considérait pas d'abord le faisceau en question comme

un centre repiratoire au sens où l'entendait Flourens, mais dans une nouvelle communication[1], il annonce y avoir découvert des éléments nerveux cellulaires ou plutôt de la substance grise (Nervenzellen oder besser gesagt graue Substanz).

Mislawski[2] localise le centre respiratoire dans un noyau de cellules ganglionnaires, compris dans le faisceau intermédiaire de la moelle allongée, non loin du noyau de l'hypoglosse.

Markwald et *Kroneker*[3] considèrent aussi le bulbe comme le centre primordial de la respiration. Nous nous abstenons de résumer ici les travaux de ces expérimentateurs, travaux très intéressants, très compliqués, très subjectifs, dont il nous serait impossible de faire une courte analyse. Nous en extrairons plus loin (chapitre III) ce qui concerne l'influence du cerveau sur la respiration.

Pour les auteurs que nous venons de citer, à l'exception de Brown-Séquard, le centre respiratoire aurait donc son siège dans le bulbe, et jusqu'à ces dernières années presque tous les manuels de physiologie exposaient la théorie classique du centre bulbaire. Mais les mouvements du diaphragme et des muscles costaux et abdominaux peuvent persister après l'ablation de la moelle allongée.

Devons-nous en conclure que la moelle épinière a des centres d'inspiration et d'expiration ?

La loi proposée par *Goltz*[4], en vertu de laquelle tous les nerfs spi-

[1] Centralblatt f. d. med. Wissensch, 1885, p. 593.

[2] Zur Lehre vom Athmungscentrum, Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1885.

[3] *Kronecker und Marckwald*, Ueber die Auslösung der Athembewegungen, du Bois-Reymond's Archiv, f. Physiologie, 1880. *Marckwald*, Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen, Zeitschrift f. Biologie, Bd. 23, 1887. *Marckwald*, Werden die Athembewegungen von Rückenmarke beherrscht? Mittheil. der naturforschenden Gesellschaft in Bern, 1889. *Kronecker*, Altes und Neues über das Athmungscentrum, Deutsche medic. Wochenschrift, 1887. *Marckwald*, die Bedeutung des Mittelhirns für die Athmung, Zeitschrift für Biologie, Bd. 26, N. F. VIII.

[4] Legallois avait déjà dit : « Non seulement la vie du tronc dépend de la moelle épinière, mais chaque partie dépend spécialement de la portion de cette moelle dont elle reçoit ses nerfs. » Mais Legallois avait en vue les mouvements, l'une des plus importantes manifestations de la vie, et il ajoutait : « Comment se fait-il donc qu'après la décapitation, les seuls mouvements inspiratoires soient anéantis et que les autres subsistent ? C'est là, à mon sens, un des grands mystères de la puissance nerveuse. »

naux auraient leur centre le plus rapproché dans la moelle épinière, a fait fortune. Mentionnons d'abord deux travaux du laboratoire de *Stricker*, à Vienne: *v. Rokitanski*[1], après avoir, chez de très jeunes lapins, séparé la moelle cervicale de la moelle allongée et établi la respiration artificielle, empoisonna ces animaux par la strychnine et vit des mouvements respiratoires accompagnant les crampes strychniques. *v. Schroff*[2] modifia l'expérience en soumettant les animaux à l'action d'une température de 37°, pour réveiller l'irritabilité de la moelle affaiblie par le choc de l'opération. Lorsqu'on arrêtait l'insufflation pulmonaire, l'animal faisait encore deux ou trois respirations. Ces deux expérimentateurs crurent avoir fourni ainsi la preuve irrécusable de l'existence de centres respiratoires médullaires.

O. Langendorff soutient la même thèse, en lui donnant plus d'extension, dans une série de mémoires publiés dans les Archives de du Bois-Reymond (années 1880, 1881, 1887). Il admet non seulement que la moelle épinière a des centres *réflexes* pour les mouvements respiratoires, mais qu'elle est aussi le siège d'un centre de la respiration *automatique*. Il appuie ces assertions sur de nombreuses et intéressantes expériences, pour lesquelles il s'est servi de jeunes lapins, de chiens et de chats nouveau-nés.

Tous ces animaux ont uniformément subi la section de la moelle à la pointe du calamus ou deux millimètres plus en arrière. Lorsque l'insufflation pulmonaire avait été suffisamment prolongée, l'expérimentateur l'arrêtait pour quelques instants et constatait qu'alors l'excitation d'un nerf sensible quelconque déterminait, en même temps que le mouvement réflexe local, une ou plusieurs contractions symétriques du diaphragme. Ces contractions se présentaient souvent par séries, comme c'est le cas pour le cœur mis en diastole et sur lequel on porte une seule excitation; chez les animaux nouveau-nés, il suffisait de souffler

[1] Untersuchungen über die Athemnervencentra, Wiener med. Jahrbücher, 1874.
[2] Ueber spinale Athemcentra, Wiener med. Jahrbücher, 1875.

légèrement sur la peau pour provoquer ces respirations réflexes. Concurremment avec la fatigue de ces *centres médullaires*, les séries se raccourcissaient, bientôt l'excitation n'était plus suivie que d'une contraction unique, puis tout mouvement cessait.

Quant au fonctionnement automatique du centre médullaire présumé, il ressort avec évidence, pour Langendorff, des mouvements respiratoires spontanés, soit isolés, soit par séries, qu'il a vus dans certains cas chez des chats âgés de 1 à 2 jours et toujours chez les animaux adultes auxquels il avait préalablement injecté $^1/_2$ à 1 milligramme de strychnine.

Cet auteur admet une influence inhibitrice du bulbe sur la respiration, et cherche à la démontrer par des excitations portées sur cet organe; il décrit longuement tous les phénomènes qu'il a observés, les illustrant de nombreux tracés, et ajoute : « J'ai cherché en vain à trouver des caractères différentiels entre la respiration spinale et la respiration normale. Jusqu'à ce qu'ils me soient démontrés, je ne puis que rappeler qu'un animal privé de son bulbe peut exécuter des mouvements respiratoires qui sont équivalents à ceux d'un animal intact. »

Après Langendorff, un physiologiste français, *E. Wertheimer* a plaidé plus éloquemment encore, selon nous, la cause des centres de la respiration spinale (Recherches expérimentales sur les centres respiratoires de la moelle épinière 1er mémoire, *Journal de l'anat. et de la physiol.*, 1886, 2me mémoire, ibid. 1887). Il a opéré d'abord sur des chiens adultes ou tout au moins âgés de plusieurs mois, évitant très heureusement les sources d'erreur, toutes les influences excitantes ou dépressives autres que l'opération, qui auraient pu entacher ses expériences et en infirmer les résultats. Dans des conditions se rapprochant autant que possible de celles de la vie physiologique, il a constaté chez un grand nombre de ces animaux la persistance des mouvements respiratoires du tronc après la section totale de la moelle cervicale dans sa partie supérieure. Cette respiration spinale a des caractères spéciaux : elle n'est pas influencée par les variations des gaz du sang; sa fréquence

est en général exagérée et son amplitude, très inégale; il y a défaut de synchronisme entre les mouvements respiratoires du tronc et ceux de la tête; les inspirations et les expirations affectent les formes les plus variées, le diaphragme ne se contracte pas toujours avec la même régularité et l'inspiration peut se faire en deux temps, simulant une sorte de sanglot; souvent on voit des expirations actives, qui ne se présentent jamais dans la respiration normale des chiens; les muscles obliques, le grand droit, les intercostaux, les grands dentelés, les pectoraux sont parfois animés de contractions rythmiques d'une remarquable fréquence.

Wertheimer reconnaît que cette respiration a une physionomie particulière, que ce n'est pas là une respiration normale; mais il estime qu'il n'y a pas à tenir compte des caractères distinctifs des mouvements respiratoires auxquels préside la moelle épinière isolée, et il considère comme tout à fait insuffisante la concession que fait l'école classique, en présence des faits nouveaux, en admettant que le centre respiratoire du bulbe envoie un prolongement dans la moelle cervicale. Pour lui, « la substance grise de la moelle peut présider par elle-même à la fonction respiratoire sans qu'elle ait à recevoir son stimulus de quelque autre point du myelencéphale, et pour que les mouvements de la respiration persistent, son intégrité est suffisante;... le rôle de la moelle dans le mécanisme général de la respiration est d'être le centre immédiat des mouvements respiratoires du tronc; séparée, elle envoie des impulsions rythmiques, de même que son action tonique et réflexe persiste; l'ablation des centres supérieurs exagère seulement son activité rythmique et sa puissance excito-motrice;..... toutes les excitations centripètes des nerfs du tronc peuvent réagir sur les mouvements respiratoires pour les accélérer, les ralentir et les arrêter, sans l'intervention du bulbe;... quant aux relations des centres spinaux avec les centres bulbaires, elles ressortent des faits : le bulbe est chargé de modérer, et même chez le plus grand nombre d'animaux d'inhiber complètement l'activité des centres expirateurs et de la coordonner avec celle des centres inspirateurs. Le bulbe n'est pas centre unique, c'est un appareil modérateur

et régulateur..... Le centre respiratoire du bulbe est probablement le noyau du pneumo-gastrique, uni sans doute par des conducteurs spéciaux aux centres inspirateurs et expirateurs de la moelle épinière. Chargé de recevoir les excitations apportées par le nerf centripète le plus important de la respiration, peut-être aussi plus sensible, par adaptation, à celles qui tiennent aux variations des gaz du sang, il doit à ces deux conditions, et certainement à la première son influence régulatrice prédominante, mais non exclusive..... »

Dans son deuxième mémoire, W. rapporte les expériences qu'il a instituées sur des chiens et sur des lapins préalablement refroidis en vue de supprimer l'action inhibitoire du traumatisme. Dans ces conditions, les réflexes généraux peuvent souvent être provoqués aussitôt après l'opération, comme chez les animaux à sang froid, et les mouvements respiratoires se présentent 5, 10, 15 minutes et même quelquefois immédiatement après la section de la moelle cervicale; ces mouvements n'ont d'ailleurs rien qui les distingue essentiellement de ceux que l'on constate chez les animaux dont la température est normale au moment de l'opération, si ce n'est leur amplitude généralement très faible et quelques autres particularités se rattachant directement à celle-ci. Wertheimer a étudié l'influence des excitations des nerfs centipètes (n. sciatique et plexus brachial) sur la respiration spinale dans des expériences qui l'ont amené à cette conclusion, « c'est que tous les effets déterminés par l'excitation des nerfs sensibles chez l'animal intact, peuvent encore s'observer après l'ablation de la moelle allongée. »

Nitschmann[1] et *Lautenbach*[2] ont aussi essayé d'établir l'existence des centres respiratoires spinaux.

Nous ne terminerons pas cette revue historique sans noter que quelques auteurs appellent *centres respiratoires* certaines régions de l'encéphale dont l'excitation mécanique, chimique, thermique ou électrique

[1] Pflüger's Archiv. f. die gesammte Physiologie, Bd. 35.
[2] Are there spinal respiratory centres? Philad. med. Times, 1879.

provoque des inspirations fréquentes et profondes ou une série d'expirations actives.

Budge avait déjà vu que l'excitation des corps striés, des couches optiques et des tubercules quadrijumeaux augmente la fréquence des mouvements respiratoires.

Newel Martin et *Boocker*[1] ont constaté que, chez les grenouilles, les agents chimiques excitants portés sur les couches optiques accélèrent l'inspiration et ralentissent l'expiration. Chez les lapins, il existerait aussi un *centre inspirateur* dans les tubercules quadrijumeaux postérieurs et les parties voisines du troisième ventricule, car l'excitation électrique de cette région empêche ou supprime les mouvements expiratoires et peut déterminer la fixation tétanique de la poitrine en inspiration.

A. Christiani[2] admet l'existence de centres respiratoires cérébraux : deux *centres d'inspiration* pairs, siégeant dans la partie interne des couches optiques, à la paroi latérale et un peu au-dessus du plancher du troisième ventricule; et un *centre d'expiration* du mésencéphale, en avant du centre inspirateur de Martin et Boocker, dans la substance des tubercules quadrijumeaux antérieurs, au-dessous et à côté de l'aqueduc de Sylvius, dont l'excitation produit une explosion de secousses expiratrices qui peuvent aboutir à l'arrêt des mouvements respiratoires en expiration.

Enfin, les nombreuses recherches faites dans ces dernières années sur la zone dite motrice de la corticalité ont amené plusieurs expérimentateurs à lui attribuer aussi une influence sur les phénomènes respiratoires.

[1] The influence of stimulation of the mid-brain upon the respiratory rhythm of the mammal, *The Journal of Physiology*, vol. I.

[2] Ueber Athmungsnerven und Athmungscentren, du Bois-Reymond's Archiv. f. Physiologie, 1880. Ein Athmungscentrum am Boden des dritten Ventrikels, Centralblatt f. d. med. Wissenschaften, 1880. — Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Kaninchenhirnes und s. Nerven, Monatsbericht der Berliner Akademie der Wissenschaften, Febr. 1881. Ueber die Erregbarkeit des Athmungscentrum, du Bois-Reymond's Archiv. f. Physiologie, 1886.

Hegelmaier[1] a rendu la respiration plus lente et plus profonde en comprimant les hémisphères cérébraux.

Danilewski[2], en excitant le centre facial de Hitzig ou la partie postérieure du corps strié a déterminé le ralentissement et l'arrêt de la respiration.

Lépine[3] et *Bochefontaine*[4] déclarent que toutes les parties de l'écorce cérébrale qui ont une influence sur les mouvements du corps accélèrent aussi les mouvements respiratoires.

Ch. Richet[5] a trouvé des points de l'écorce dont l'excitation arrête immédiatement la respiration chez les animaux profondément chloralisés; cette action inhibitrice persiste encore lorsque l'excitation des nerfs périphériques ne produit plus d'effet.

François Franck[6] a constaté des modifications de la vitesse de l'air dans la trachée dues à l'électrisation de la zone excitable; les modifications observées sont d'ailleurs des plus variables, et les lignes suivantes résument l'exposé de ces recherches : « il est peu vraisemblable que l'on soit conduit à admettre des centres respiratoires dans les circonvolutions, chacun des points excitables de la zone motrice pouvant provoquer les mouvements respiratoires indiqués. »

Cependant *M. Unverricht*[7] croit encore pouvoir localiser un centre respiratoire d'arrêt dans la troisième circonvolution extérieure, tout près et en dehors du centre de l'orbiculaire.

[1] Die Athembewegungen beim Hirndrucke, Heilbronn, 1859.

[2] Experimentelle Beiträge z. Phys. des Gehirns, Pflüger's Archiv. 1875.

[3] Comptes rendus de la Société de Biologie, 1875.

[4] Étude expérimentale de l'influence exercée par la faradisation de l'écorce grise du cerveau sur quelques fonctions de la vie organique, *Archives de physiologie normale et pathologique*, 2me série, III, 1876.

[5] Des circonvolutions cérébrales. Thèse d'aggrégation, Paris, 1878.

[6] Leçons sur les fonctions motrices du cerveau et sur l'épilepsie corticale, Paris, 1887.

[7] Experimentelle Untersuchungen über die Innervation des Athembewegungen, Verhandlungen des VII Congresses für innere Medicin, Wiesbaden, 1888.

CHAPITRE PREMIER

Les prétendus centres respiratoires de la moelle épinière.

Les centres nerveux en général sont aujourd'hui à la mode, on en a mis partout, on semble même parfois en avoir perdu la notion exacte, et ceux qui osent protester contre cet abus sont trop peu écoutés : *vox clamantis in deserto*. La question des centres respiratoires, en particulier, nous l'avons dit dans notre introduction, a été singulièrement compliquée dans ces dernières années. Une revision est urgente.

Voyons d'abord les prétendus centres spinaux.

Nous avons étudié avec soin les mouvements respiratoires auxquels préside la moelle épinière séparée du bulbe, sans toutefois répéter toutes les expériences qui ont été faites par Rokitanski, Schroff, Nitschmann, Lautenbach, Langendorff, Wertheimer, en vue d'établir la *respiration spinale*. L'intervention de la strychnine dans cette étude, le choix de lapins nouveau-nés, ou âgés d'un jour ou deux seulement, sont des facteurs propres à infirmer le résultat de pareilles recherches; M. Langendorff lui-même paraît en avoir acquis tardivement la conviction, car il écrit[1] : « mes expériences ne me permettent pas de décider si l'ablation de la moelle allongée trouble profondément le rythme de la respiration. J'ai observé les mouvements respiratoires d'origine spinale dans des conditions trop peu favorables. Peut-être arrivera-t-on à les obtenir

[1] Loc. cit., 1880, p. 546.

sans avoir recours à la strychnine et en évitant les causes de dépression du système nerveux. Malheureusement les animaux nouveau-nés, avec leurs appareils régulateurs faiblement développés, ne peuvent servir à élucider cette question. » On pourrait ajouter, avec Mislawski, que très probablement la strychnine ouvre aux réflexes des voies nouvelles préexistant dans la moelle mais non utilisées dans les conditions normales.

M. Wertheimer a été plus heureux dans la disposition de ses premières expériences[1]. Nous lisons dans son premier mémoire (p. 467) : « l'apparition de quelques mouvements respiratoires dans les convulsions du strychnisme ne suffirait nullement à prouver l'autonomie de la moelle dans cette fonction. Ce serait plutôt un fait exceptionnel si de toutes les cellules qui servent d'origine aux nerfs moteurs du tronc, le poison ne respectait que les noyaux des nerfs respiratoires et si le diaphragme, par exemple, ne participait pas, soit aux convulsions tétaniques ordinaires, soit à ces mouvements choréiques ou rythmiques étudiés par M. Ch. Richet; » et plus loin (p. 469) : « en opérant sur des animaux adultes et non sur des nouveau-nés, en ne faisant intervenir aucune influence excitante ou dépressive autre que l'opération elle-même, nous avons précisément pu éviter les conditions où M. Langendorff se plaint d'avoir dû se placer et étudier les caractères que prend la respiration lorsque la moelle seule y préside; ..... »

Nous nous sommes placé dans des conditions expérimentales analogues. Nous n'avons strychnisé que quelques rares animaux, et seulement pour comparer les convulsions respiratoires dues à cette intoxication aux phénomènes qui nous révèlent l'activité propre de la moelle sectionnée.

Nous avons opéré sur des lapins et sur des chiens, nous nous sommes adressé autant que possible à ces derniers animaux, qui nous ont fourni les meilleurs résultats, et nous ne nous sommes jamais servi de sujets trop jeunes.

[1] Nous donnerons plus loin notre appréciation des expériences faites sur des animaux préalablement refroidis.

Notre méthode opératoire a été très simple. Nous nous sommes dispensé de pratiquer la ligature en masse des muscles de la nuque, ou de les sectionner au thermo-cautère, car nous avons constaté qu'on peut couper très rapidement ces masses musculaires et découvrir largement le champ opératoire presque sans perte de sang, ou tout au moins en ne déterminant qu'une faible hémorragie qu'il est toujours facile d'arrêter. Le plus souvent, nous avons mis à nu la moelle en incisant simplement la membrane occipito-atloïdienne; dans quelques cas, nous avons, comme nos devanciers, enlevé l'arc postérieur de l'axis; ce dernier procédé donne, il est vrai, plus d'espace, mais c'est là un mince avantage, comparé au temps perdu et à l'ébranlement traumatique qu'il occasionne; la section complète de la moelle au niveau de la pointe du calamus n'offre d'ailleurs aucune difficulté quelconque, dès que l'on a acquis une certaine dextérité dans ce genre d'opérations, et dans ces recherches il est avantageux sous tous les rapports de conserver la totalité de la moelle cervicale.

L'animal préparé comme nous venons de le dire, avant de diviser la moelle nous avons pratiqué rapidement la trachéotomie et établi la respiration artificielle. La canule en T introduite dans la trachée pouvait être mise en communication avec un tambour à levier lorsqu'il s'agissait d'inscrire les mouvements respiratoires. Les graphiques recueillis dans ces expériences doivent être lus de gauche à droite. La ligne descendante correspond à l'inspiration et à la ligne d'ascension, à l'expiration. On pouvait suspendre l'insufflation pulmonaire et la rétablir à volonté.

Quant à la section médullaire, elle a été vérifiée dans tous les cas par l'autopsie et s'est toujours montrée bien réussie, avec écartement des deux tronçons. Ajoutons que nous n'avons pas comprimé la surface de section pour arrêter l'hémorragie fournie par la moelle elle-même et ses membranes; elle est, en général, modérée, et nous avons craint, en refoulant le liquide dans le canal rachidien, de provoquer des phénomènes de choc et de compression plus dangereux que ceux qui peuvent résulter du libre écoulement d'un peu de sang par l'ouverture béante de la plaie.

Nous avons constaté chez plusieurs chiens l'arrêt des pulsations du cœur très peu de temps après cette opération qui, chacun le sait, est toujours suivie au premier moment d'une augmentation, puis plus tard d'une diminution de plus en plus considérable de la pression sanguine. Nous n'avons pas tenu compte des symptômes présentés par les chiens que nous avons perdus de cette façon, et on verra qu'il n'est fait mention dans les lignes suivantes que des animaux que nous avons pu observer deux ou trois heures au minimum.

Les résultats que nous avons obtenus nous permettent de confirmer, d'une manière générale, les faits signalés par les auteurs qui se sont occupés spécialement de cette question avant nous; mais nous estimons que, bien loin de prouver indiscutablement l'existence de véritable centres respiratoires de la moelle cervico-dorsale, ces faits concourent à établir la théorie des centres bulbaires.

Voici le résumé de nos observations.

Exp. n° 79. 18 juin 1889. Lapin adulte.

A 10 h. 30 m., section transversale de la moelle cervicale environ 1 millimètre en arrière du bec du calamus scriptorius[1]. Trachéotomie et respiration artificielle.

A 11 h. 55 m., le pincement des pattes ne produit pas de mouvements réflexes. On recueille le graphique de la fig. 1. De *a* en *b*, suspension de la respiration artificielle. Chacune des petites ondulations indique une pulsation du cœur. C'est là une de ces courbes pneumo-cardiaques suffisamment connues, dues aux variations alter-

[1] La moelle épinière et la moelle allongée ayant, chez les animaux que nous avons employés pour nos recherches, une position plus ou moins horizontale, nous disons que le tronçon *a* de cet axe est *en arrière* du tronçon *b*, quand celui-ci est plus rapproché de l'extrémité céphalique de la moelle, et que le point *c* est *en avant* du point *d*, qui est moins éloigné de l'extrémité caudale. Nous pourrions appeler supérieures les parties de l'axe qui sont le plus près du dos, et inférieures, celles qui touchent le corps des vertèbres, mais nous préférons parler de parties *dorsales* et de parties *ventrales*, cette désignation, adoptée par Milne-Edwards dans ses Leçons sur la Phys. et l'Anat. comparées, nous semblant plus intelligible. Pour éviter des confusions, nous conservons toutefois aux cordons de la moelle (cordon antéro-latéral, cordon postérieur) les noms dont on se sert dans l'anatomie humaine.

natives des volumes de l'air et du sang contenus dans la cavité thoracique, une faible inspiration passive correspondant à chaque systole cardiaque. Le levier n'inscrit aucun mouvement respiratoire.

A 12 h. 10 m., le pincement de la pulpe digitale d'une patte antérieure provoque un mouvement dans le membre correspondant; pas de réflexes aux pattes postérieures.

A 12 h. 30 m., apparition des mouvements réflexes dans les pattes postérieures et dans la queue.

A 12 h. 45 m., nous prenons un second tracé tout à fait semblable au premier.

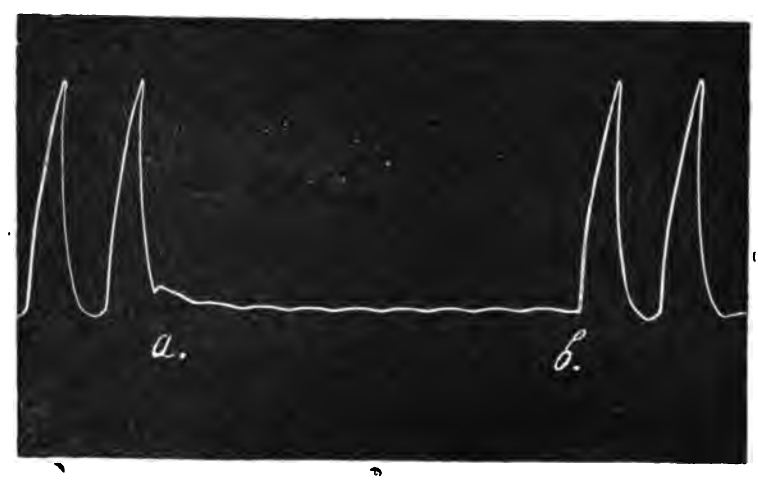


Fig. 1.

Il survient de temps en temps, pendant que la respiration artificielle continue et après l'arrêt de l'insufflation pulmonaire, des secousses des muscles abdominaux qui ne s'inscrivent pas sur le cylindre enregistreur et qui s'accompagnent souvent de mouvements de la queue, des extrémités et de la face. Ces contractions se présentent spontanément ou sous l'influence des excitations les plus diverses.

A 4 heures, temp. 23,6° C.; ces mouvements sont plus fréquents. Nous découvrons rapidement les côtes, qui restent absolument immobiles, et après avoir ouvert la cavité abdominale, nous constatons également que le diaphragme ne prend aucune part aux contractions des parois abdominales. Nous arrêtons la respiration artificielle et l'animal meurt à 4 h. 8 m.

Exp. n° 80. 20 juin 1889. Lapin adulte.

A 7 h., même opération que dans l'expérience précédente.

A 8 h. 48 m., on peut provoquer le réflexe oculo-palpébral et des mouvements des extrémités antérieures; le pincement des pattes postérieures reste sans réaction.

A 9 h. 30 m., rien encore aux extrémités postérieures, mais en pinçant la peau dans la région du crémaster, on produit de vives contractions des muscles obliques de l'abdomen, qui ne s'inscrivent pas sur le cylindre enregistreur.

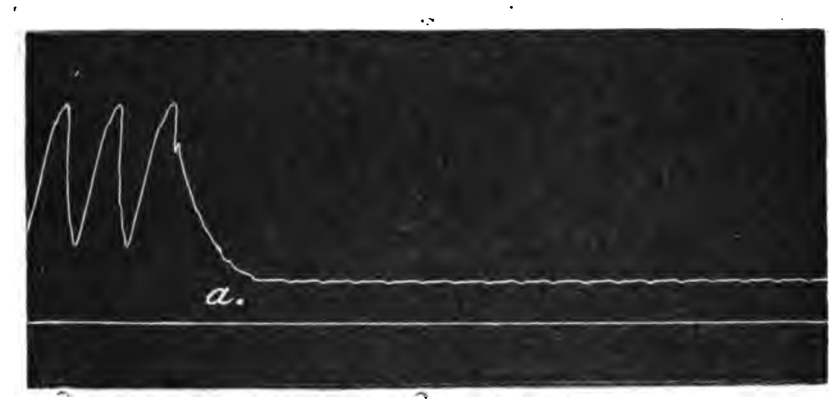


Fig. 2.

A 9 h. 45 m., faibles réflexes des extrémités postérieures; quelques mouvements en apparence spontanés de la face, des moustaches, des oreilles. On recueille le tracé de la fig. 2, sur lequel on remarque comme dans l'expérience précédente, des petites oscillations du levier synchrônes aux pulsations du cœur.

A 10 h., les pulsations du cœur deviennent moins fréquentes, elles se ralentissent de plus en plus à mesure que l'animal se refroidit.

A 11 h. 45 m., on cesse la respiration artificielle et l'animal meurt promptement.

Exp. n° 82. 24 juin 1889. Lapin.

A 8 h., section transversale de la moelle cervicale au niveau de la pointe postérieure de la fosse rhomboïdale. Trachéotomie et respiration artificielle. Immédiatement après l'opération, on voit des mouvements spontanés de la tête, de la bouche, des oreilles. Le réflexe oculo-palpébral est conservé.

A 8 h. 40 m., l'excitabilité réflexe est revenue dans les extrémités antérieures, mais pas encore dans les postérieures. Un court arrêt de l'insufflation pulmonaire détermine des mouvements respiratoires dyspnéiques de la tête.

A 8 h. 50 m., le pincement d'une patte postérieure provoque un mouvement réflexe dans cette extrémité; le même phénomène se présente des deux côtés; le pincement de la queue produit des réflexes dans les quatre pattes, dans la queue et dans les muscles abdominaux. Le diaphragme paraît être immobile, la pointe du levier ne marquant que les petites ondulations correspondant aux pulsations du cœur.

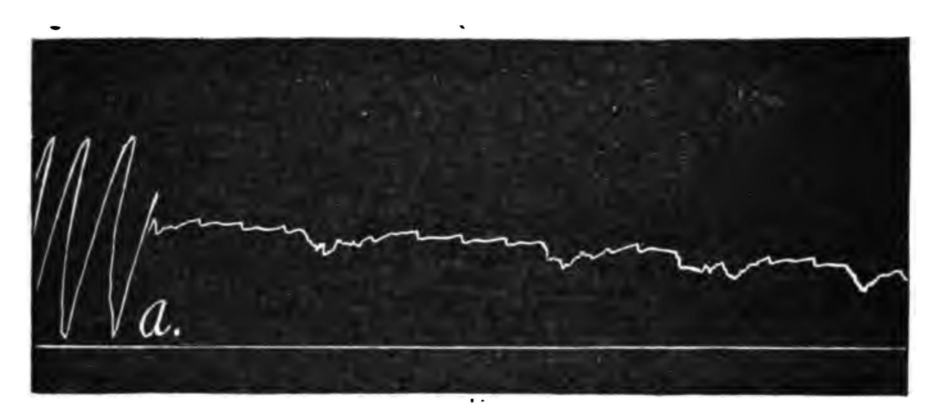


Fig. 3.

A 11 h. 30 m., on recueille une courbe un peu différente des deux précédentes, quelques faibles contractions du diaphragme s'inscrivant en même temps que les mouvements du cœur (fig. 3). La dyspnée provoque toujours des mouvements respiratoires de la tête.

Nous avons observé ce lapin jusqu'à 5 heures. De nombreuses excitations mécaniques et électriques ont déterminé des réflexes soit du côté correspondant seulement, soit du côté opposé, souvent des mouvements généralisés.

Nous avons vu, entre autres, de nombreuses secousses des muscles abdominaux, mais le diaphragme est resté presque constamment immobile. La température de l'animal est descendue à 23° C.

A 4 heures, nous avons détruit la moelle cervico-dorsale sur une longueur d'environ 6 centimètres et nous avons constaté immédiatement après cette opération que l'excitabilité réflexe était conservée dans la tête, dans les extrémités postérieures et dans les muscles abdominaux. A 5 heures nous avons arrêté définitivement l'insuf-

flation pulmonaire. Il y a eu encore quelques mouvements dyspnéiques de la tête et quelques secousses des muscles du tronc et des extrémités. Après l'arrêt des pulsations du cœur, nous avons vu pendant plus d'une demi-heure des contractions rythmiques du diaphragme.

Les résultats fournis par ces trois lapins ont donc été presque complétement négatifs; cependant nous avons constaté dans ces expériences : 1° qu'après l'élimination du bulbe les excitations centripètes peuvent encore déterminer des réflexes du diaphragme et des muscles abdominaux; 2° que des contractions de ces muscles peuvent se présenter aussi, presque toujours accompagnés de secousses des pattes et de la queue, de mouvements variés de la tête, etc., sous l'influence du sang noir produit par l'arrêt prolongé de la respiration artificielle; et si les mouvements respiratoires que nous avons pu observer chez ces trois premiers animaux ont été en somme très restreints, nous admettons volontiers qu'ils peuvent être dans certains cas plus nombreux et plus amples, même chez le lapin, lorsque cet animal a été préalablement refroidi et ainsi plus ou moins préservé de l'effet inhibitoire consécutif à la section de la moelle cervicale.

Mais nous avons tenu à opérer dans les conditions les plus naturelles possibles, et, pour nous, les muscles d'un animal refroidi ne sont pas dans un état absolument normal. Quoi qu'il en soit d'ailleurs, nous avons préféré dès lors nous servir d'autres animaux pour ces expériences.

Exp. n° 83. 25 juin 1889. Jeune chat d'environ 9 mois.

Moelle sectionnée à 7 h. 30 m. au niveau de la deuxième vertèbre. Respiration artificielle.

Immédiatement après l'opération, le pincement d'une patte antérieure ou de la queue détermine des réflexes généralisés dans les quatre membres ; il y a des mouvements que l'on peut considérer comme spontanés des yeux, de la bouche, de la langue, des oreilles; quand nous appelons l'animal, il fait la mimique du miaulement; les phénomènes de choc manquent donc dans ce cas totalement.

A 9 h. 30 m. l'action réflexe est un peu diminuée dans le train antérieur, peut-être sous l'influence d'une hémorragie secondaire au niveau de la plaie; pas de changement dans le train postérieur.

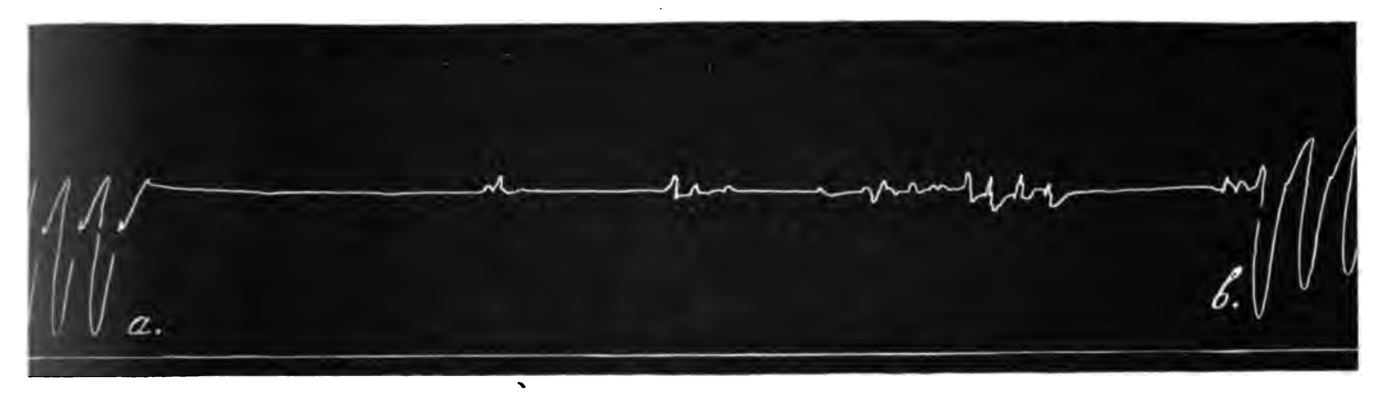


Fig. 4.

Nous recueillons à ce moment un tracé sur lequel on ne voit, pendant l'arrêt momentané de l'insufflation pulmonaire, que les pulsations cardiaques.

A 10 h. 45, le levier indique quelques mouvements très irréguliers du diaphragme; la courbe pneumo-cardiaque ne s'inscrit plus que très faiblement (fig. 4); pendant la

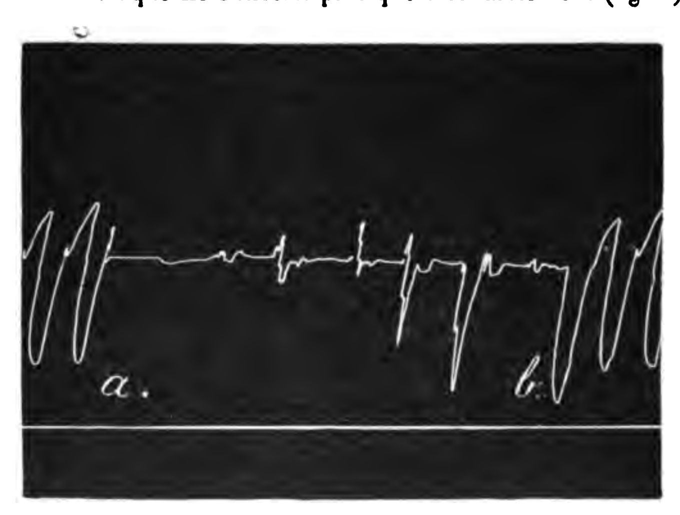


Fig. 5.

suspension de la respiration artificielle, il survient des mouvements dyspnéiques de la tête.

A midi, les mouvements respiratoires sont plus fréquents, mais non moins irréguliers (fig. 5).

A 2 h., ils sont presque imperceptibles, l'excitabilité réflexe étant d'ailleurs conservée partout.

A 5 h., même état; silence presque absolu des muscles respiratoires.

A 8 h., pouls, 48; temp. 24°,5 C. Nous arrêtons définitivement la respiration artificielle; nous observons pendant 10 minutes encore des mouvements de presque tous les muscles du tronc, des membres, de la tête, de la queue, mais le tambour à levier en communication avec la trachée ne montre que quelques faibles et rares oscillations. A 8 h. 10 m., l'animal est mort.

Exp. n° 85. 28 juin 1889. Chienne pleine.

7 h. 15 m. Trachéotomie et respiration artificielle. On enlève l'apophyse épineuse et la lame de l'axis, on incise les méninges, puis on passe une sonde recourbée sous la moelle et on la sectionne au bistouri. Après l'opération, l'animal ouvre la bouche, se lèche les lèvres et fait des mouvements dyspnéiques de la tête dès qu'on suspend l'insufflation pulmonaire.

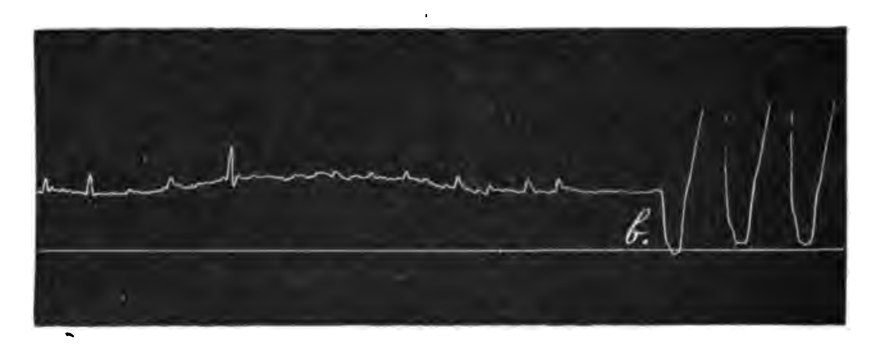


Fig. 6.

7 h. 20 m., mouvements réflexes des quatre extrémités, provoqués indifféremment par le pincement d'une patte antérieure, d'une patte postérieure ou de la queue; l'excitabilité de la moelle cervico-dorsale s'est rétablie aussi rapidement que celle de la moelle lombaire.

9 h. 45 m., il y a des séries de mouvements expiratoires assez fréquents, peu amples et irréguliers. La suspension de la respiration artificielle détermine des mou-

vements dyspnéiques de la tête, qui ne s'accompagnent pas d'un renforcement de la respiration du tronc.

11 h., on prend le tracé de la fig. 6, qui est la représentation fidèle de la *respiration* de cet animal, composée presque exclusivement de petites expirations actives.

Pendant l'après-midi, on remarque continuellement une prédominance d'expirations actives, d'une faible amplitude et qui se présentent aussi fréquemment pendant l'insufflation que lorsqu'on l'interrompt pour quelques minutes.

A 5 h., on arrête la respiration artificielle et l'animal meurt au bout de 2 minutes. On ouvre rapidement la cavité utérine, dans laquelle se trouve un seul fœtus presque à terme et vivant, que l'on décapite immédiatement. On constate, pendant 6 minutes, neuf mouvements dyspnéiques de la tête détronquée, des mouvements réflexes et des mouvements en apparence spontanés des quatre extrémités, mais aucune respiration quelconque du tronc. Chez ce fœtus, la décapitation a donc arrêté subitement la respiration thoracique et abdominale, tout en laissant persister pendant quelque temps l'excitabilité réflexe de la moelle.

Exp. n° 88. 4 juillet 1889. Chien adulte.

A 7 h. 15 m., section de la moelle au niveau de la deuxième vertèbre et respiration artificielle.

A 7 h. 20 m., l'excitabilité réflexe est revenue dans les quatre membres.

A 8 h., la suspension momentanée de l'insufflation pulmonaire détermine des contractions faibles et irrégulières du diaphragme, le plus souvent accompagnées de mouvements dyspnéiques de la tête et qui se marquent en même temps que les pulsations cardiaques; il y a aussi des mouvements isolés de la queue et des pattes postérieures.

A 11 h. 30 m., les mouvements respiratoires sont plus énergiques, mais non moins irréguliers. Nous recueillons le tracé de la fig. 7, sur lequel, comme sur les suivants de cette série d'expériences, les pulsations du cœur ont été inscrites à l'aide d'un signal électrique[1].

A 3 h., mêmes phénomènes respiratoires.

[1] Nous nous étions assuré pour ces expériences le concours d'un aide qui établissait le contact à chaque pulsation de l'artère crurale. Si les traits portés sur l'abscisse ne correspondent pas parfaitement aux systoles cardiaques, leur nombre tout au moins doit être inscrit exactement.

A 5 h., après avoir dénudé les côtes et ouvert la cavité abdominale, nous arrêtons la respiration artificielle; nous observons alors des contractions fasciculaires rythmiques du diaphragme et des muscles intercostaux; quelques mouvements du diaphragme synchrônes aux pulsations cardiaques et dus probablement à l'action électro-motrice du cœur sur le nerf phrénique: enfin, avant l'arrêt du cœur, quelques contractions

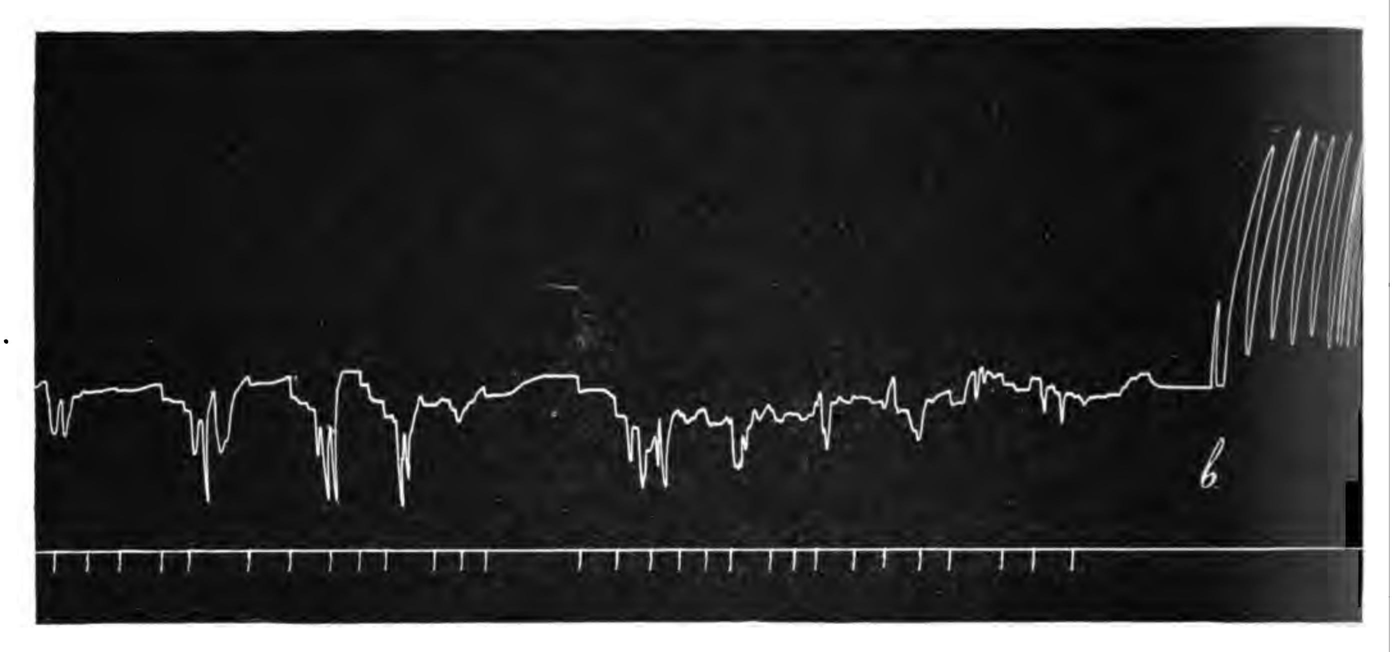


Fig. 7.

énergiques du diaphragme tout entier; les côtes sont demeurées, jusqu'à la mort de l'animal, tout à fait immobiles. Après l'exitus, survenu à 5 h. 8 m., nous avons vu longtemps encore des contractions fibrillaires rythmiques du diaphragme et des muscles intercostaux.

Exp. n° 89. 6 juillet 1889. Chienne adulte.

Section de la moelle pratiquée à 9 h. (Respiration artificielle).

A 9 h. 5 m., mouvements réflexes bien accentués des pattes antérieures aussi bien que des postérieures.

A 11 h., nous observons des séries de contractions rythmiques du diaphragme,

alternant avec des mouvements respiratoires plus amples et plus irréguliers (fig. 8).

A 2 h., mouvements rythmiques des quatre pattes, quelques secousses du dia-

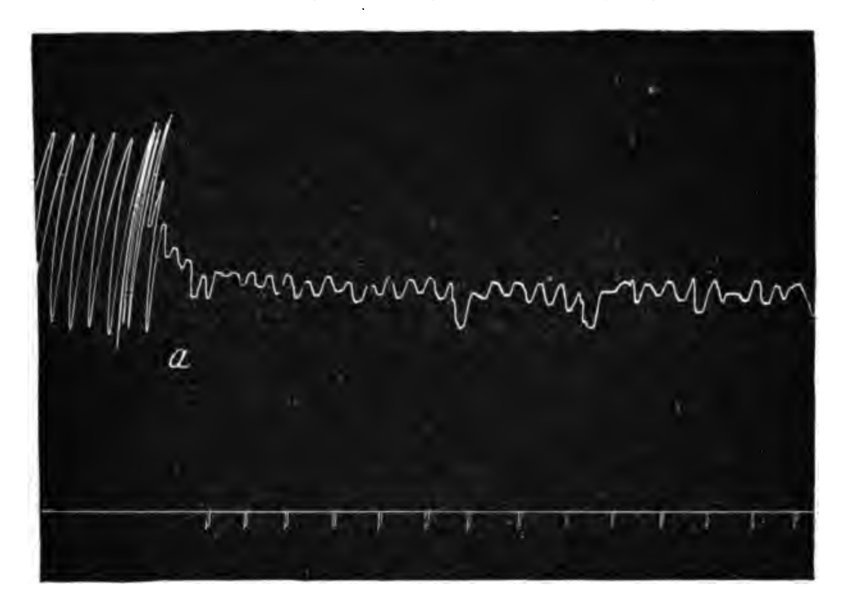


Fig. 8.

phragme; température rectale, 24°C.; pulsations du cœur presque imperceptibles.

A 2 h. 4 m., exitus. L'insufflation pulmonaire n'avait pas été interrompue depuis 11 heures.

Exp. n° 90. 6 juillet 1889. Chien adulte. Strychnine.

2 h. 45 m. Trachéotomie et respiration artificielle. Section de la moelle au niveau de la deuxième vertèbre.

2 h. 50 m., le pincement d'une patte antérieure provoque des mouvements réflexes dans le membre correspondant. Rien dans les extrémités postérieures.

2 h. 52 m., l'excitabilité réflexe se montre aussi dans les extrémités postérieures.

2 h. 55 m., injection sous-cutanée de 2 milligrammes de nitrate de strychnine.

2 h. 58 m., faibles convulsions cloniques des muscles abdominaux; repos presque absolu du diaphragme.

3 h. 2 m., excitabilité réflexe exagérée; le chatouillement de la pulpe digitale d'une patte quelconque provoque des convulsions générales.

3 h. 8 m., court tétanos du diaphragme.

3 h. 9 m., il survient une convulsion tétanique de tous les muscles inspirateurs avec opisthotonos et extension des quatre membres, à la suite de laquelle l'excitabilité réflexe semble pour un instant anéantie.

3 h. 12 m., nouvelle crampe tétanique généralisée; diaphragme en inspiration forcée.

3 h. 13 m., 5 pulsations du cœur par minute; aucun mouvement respiratoire.

3 h. 15 m. On arrête la respiration artificielle et les pulsations du cœur s'arrêtent net.

Exp. n° 91. 8 juillet 1889. Vieux chien. Strychnine.

2 h. 45 m. Section transversale de la moelle dans l'espace occipito-atloïdien, un peu en arrière du bec du calamus. Trachéotomie et respiration artificielle. Hémorragie abondante. L'excitabilité réflexe ne revient qu'au bout de 10 minutes et se manifeste d'abord dans les extrémités antérieures.

3 h., injection hypodermique de 1 $^1/_2$ milligramme de nitrate de strychnine.

3 h. 20 m. excitabilité réflexe exagérée et cependant le levier n'inscrit que les pulsations du cœur, le diaphragme et les autres muscles respiratoires restant absolument immobiles.

3 h. 30 m., le pincement d'une patte postérieure détermine un tétanos inspiratoire prolongé, les extrémités en extension; nous renforçons l'insufflation pulmonaire et l'animal se remet au bout de quelques secondes.

3 h. 35 m., convulsion tétanique des muscles abdominaux avec secousses des membres et de la tête.

3 h. 37 m., tétanos inspiratoire mortel.

Dans ces deux expériences, qui n'offrent d'ailleurs qu'un intérêt relatif, nous avons voulu voir si l'action de la strychnine sur les prétendus centres spinaux augmenterait l'amplitude des mouvements respiratoires et les ferait ressembler davantage à ceux de la respiration normale. Nous n'avons obtenu — et très vite dans le premier cas — que le tétanos des muscles respiratoires.

Exp. n° 94. 9 août 1889. Jeune chien.

A 9 h., section de la moelle au niveau de la deuxième vertèbre cervicale. Hémorragie peu abondante. Un mouvement brusque de l'animal au moment où le crochet

mousse soulevait la moelle nous fait supposer qu'elle a dû subir un assez fort tiraillement.

A 9 h. 45 m., apparition de l'excitabilité réflexe dans les extrémités antérieures; les postérieures ne répondent pas aux excitations mécaniques.

A 9 h. 55 m., faibles mouvements réflexes des pattes postérieures.

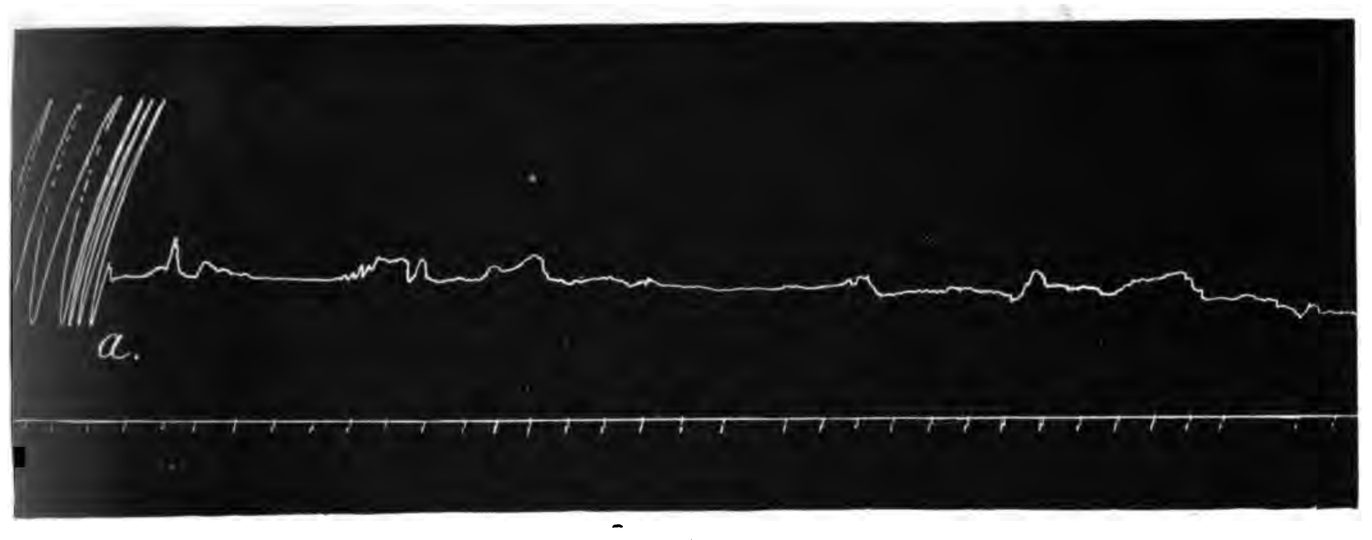


Fig. 9.

A 11 h., nous recueillons le tracé de la fig. 9, qui montre tout ensemble la faiblesse des pulsations cardiaques, le peu d'amplitude et l'irrégularité des mouvements respiratoires qui sont le plus souvent des petites expirations actives.

A midi, nous abandonnons l'animal sans arrêter la respiration artificielle.

A 2 h., nous le trouvons mort.

Exp. n° 105. 6 septembre 1889. Chat mâle adulte.

A 9 h., section de la moelle cervicale antérieure.

A 9 h. 20 m., réveil du chloroforme. L'animal nous regarde, fait la mimique du miaulement, se lèche les lèvres, se gratte avec une patte postérieure; réflexe du crémaster; mouvements réflexes énergiques du train postérieur; la pincement des pattes antérieures n'y détermine pas de mouvements.

A 9 h. 30 m., premiers réflexes des extrémités antérieures.

A 10 h. 10 m., nous prenons le tracé de la fig. 10; c'est incontestablement de tous

les animaux dont nous nous sommes servi pour nos expériences, celui qui nous a montré les mouvements respiratoires spinaux les plus énergiques, et cependant on reconnaîtra qu'ils diffèrent sensiblement de ceux de la respiration normale.

A 11 h., ce chat offrant presque l'aspect d'un animal intact et n'étant pas encore trop refroidi (28° C.), nous arrêtons définitivement l'insufflation pulmonaire; il



Fig. 10.

s'agissait pour nous de savoir combien de temps la respiration spinale entretiendrait la vie. Au bout de quelques instants, mouvements dyspnéiques de la tête, agitation, violentes secousses des membres, des muscles du tronc, de la tête, de la queue; pouls de plus en plus fréquent, de plus en plus faible; mort à 11 h. 7 m.

Nous renonçons à rapporter plusieurs autres expériences qui, après cette dernière n'offriraient aucun intérêt, leurs résultats étant identiques aux précédents et par conséquent plutôt moins favorables à la théorie des centres respiratoires de la moelle épinière.

Tous les auteurs qui ont décrit les mouvements respiratoires d'origine spinale leur ont reconnu des caractères spéciaux, qui les distinguent de ceux de la respiration normale. Mais les interprétations varient, et ceux qui admettent une *respiration spinale* expliquent chacun à sa façon les

modifications profondes — nous disons, nous, la suppression — de cette fonction, lorsque ces organes moteurs ne sont plus en communication avec le bulbe.

On trouvera dans les paragraphes suivants l'analyse et la réfutation de leurs arguments.

Le choc opératoire.

Chacun a pu observer, soit dans des conditions en apparence physiologiques, soit à la suite d'une lésion, d'un ébranlement, d'excitations diverses d'éléments nerveux centraux ou périphériques, cette cessation de l'activité nerveuse, dans une région approchée ou à distance, sur laquelle *Brown-Séquard* a édifié sa théorie générale de l'inhibition. *Leyden,* s'appuyant sur l'expérience bien connue de *Goltz,* propose l'explication suivante des symptômes du choc : « Nous pouvons nous représenter, comme conséquence de l'ébranlement (ou d'autres lésions) de la moelle, un arrêt si puissant de l'action réflexe, que toutes les fonctions médullaires sont paralysées ou tout au moins réduites à un minimum. Nous comptons au nombre de ces fonctions, non seulement la mobilité et la sensibilité, mais aussi l'influence sur le cœur, sur les nerfs vasculaires et sur la respiration. La respiration devient plus lente, superficielle, irrégulière ; elle est parfois suspendue pendant des intervalles plus ou moins prolongés et très inquiétants. Le plus souvent, le cerveau ne prend aucune part à l'ensemble symptomatique du choc, et le sensorium reste libre; rarement on voit survenir de la stupeur, un état comateux, du délire[1]. » *Grœningen* dit que de fortes excitations des nerfs sensitifs de la périphérie ou de filets du sympathique sont capables de produire un état d'épuisement de la moelle qui se manifeste par l'affaiblissement de la motilité, de la sensibilité et de l'action réflexe; que cet état d'épuisement peut aussi être la conséquence d'un ébranlement violent, direct ou indirect, des organes nerveux centraux; que les mêmes excitations déterminent en même temps des troubles locaux

[1] Klinik der Rückenmarkkrankheiten, 1875, Bd. II, p. 106-114.

et centraux de l'appareil circulatoire, et qu'elles exercent une influence déprimante sur l'action du cœur et sur la respiration [1].

Langendorff et *Wertheimer* font intervenir le choc dans les phénomènes respiratoires qu'ils ont étudiés après les sections médullaires. Langendorff admet que l'hémiplégie respiratoire, qu'il n'a vue que passagère, à la suite d'une hémisection de la moelle cervicale, est due au choc opératoire. Il admet aussi que les mouvements respiratoires très fréquents, irréguliers, qui peuvent se présenter dans des conditions spéciales, après la section totale de la moelle au niveau de bec du calamus, doivent leur forme caractéristique à l'inhibition de l'automatisme des centres respiratoires spinaux. Wertheimer a vu, chez les animaux non refroidis, le retour des mouvements respiratoires au bout d'une demi-heure, de trois quarts d'heure, d'une heure ou même parfois de quatre ou cinq heures. Selon lui, l'arrêt momentané de ces mouvements aurait pour cause « l'impuissance fonctionnelle et plus ou moins prolongée de la moelle, consécutive à tout traumatisme portant sur cet organe..... Pour les voir se rétablir, il faut laisser au tronçon médullaire le temps de se remettre pour ainsi dire des suites de la section,..... il faut attendre que la substance grise ait repris son activité. »

Au cours de nos expériences, nous avons cherché, nous aussi, à déterminer exactement le rôle que l'on peut légitimement attribuer au traumatisme, et nous croyons que l'on a beaucoup exagéré. Nous nous sommes servi, nous l'avons déjà dit, d'instruments tranchants bien aiguisés, nous nous sommes appliqué à opérer sans un fort ébranlement et les effets du choc que nous avons pu observer ont été presque toujours minimes et de très courte durée. C'est ainsi que, après une hémisection médullaire pratiquée sur un rat ou sur un chien maigre et à court poil, les mouvements des côtes étant bien visibles, nous avons pu dans presque chaque cas dire au bout de 5 à 10 minutes, et même plus tôt, si l'opération avait bien réussi; quand la moitié latérale de la moelle n'était pas

[1] Ueber den Shock, Wiesbaden 1885, p. 67.

complètement divisée — ce qui peut arriver lorsque l'hémorragie ne permet pas de voir nettement la lésion et de la compléter s'il y a lieu, — nous avons vu la respiration, d'abord hémiplégique, redevenir bientôt bilatérale. Et l'on reconnaîtra que dans ces expériences nous opérions dans une région tout spécialement dangereuse, car si nous ne connaissons plus le nœud vital de Flourens, nous savons qu'une forte excitation des parties qui avoisinent l'origine des nerfs pneumogastriques provoque des phénomènes d'inhibition qui peuvent aboutir à la mort. Nous avons observé quelquefois, surtout chez les chiens, un arrêt momentané de la respiration (exp. 96, 106); dans d'autres cas (exp. 39, 42), nous avons vu les mouvements respiratoires des ailes du nez suspendus pour quelques instants aussi du côté de la lésion. — Mais tous ces phénomènes ont été passagers et n'ont jamais duré plus d'une demi-heure; nous les attribuons à l'irritation produite sur les régions voisines de la plaie bien plutôt qu'à une inhibition à distance. Enfin, dans un cas (exp. 83), le choc opératoire a été absolument nul.

Sommes-nous autorisés à admettre que le choc produit par la section complète de la moelle, pratiquée plusieurs fois dans une région évidemment moins excitable (au niveau de la deuxième vertèbre) a suffi pour imprimer à la respiration une modification si profonde qu'elle équivalait pour nous à la suppression de cette fonction, et cela jusqu'à la mort de l'animal, c'est-à-dire durant 3, 4, 5, 8 heures, et plus longtemps encore? Il nous est impossible de le croire, et si les mouvements des muscles respiratoires signalés dans ces conditions offrent une fréquence et une irrégularité frappantes, c'est que ces muscles sont alors, selon nous, indépendants des centres qui les régissent dans la vie physiologique et que leurs mouvements sont purement réflexes ou sont dus, soit à l'excitation traumatique des éléments nerveux à proximité de la surface de section, soit à une forte veinosité du sang lorsqu'on arrête pour un moment l'insufflation pulmonaire.

Quoiqu'il en soit, nos observations ne concordent pas avec celles de Wertheimer, qui a vu souvent, presque toujours au début de l'expérience,

ce qu'il appelle la respiration spinale consister en des séries d'expirations, et qui explique cette respiration purement expiratoire de la manière suivante : .....« l'excitabilité de la moelle se réveille de bas en haut, puisque les mouvements réflexes peuvent être provoqués dans les membres inférieurs, alors que les membres thoraciques ne répondent pas encore aux excitations. C'est donc le segment lombaire et l'extrémité inférieure de la région dorsale qui reprennent en premier lieu leurs propriétés. Les principaux muscles expiratenrs, c'est-à-dire les muscles abdominaux qui reçoivent leurs nerfs de ces régions de la moelle, se contracteront donc d'abord seuls avec le rythme particulier à ces mouvements d'origine spinale.

« Si l'on a soin de prendre le tracé à intervalles assez rapprochés, on voit d'abord s'inscrire quelques inspirations isolées, puis quand la portion cervicale de la moelle a repris à son tour son activité, le tracé se renverse pour ainsi dire complètement, au moins dans un certain nombre de cas, par suite de l'intervention du diaphragme et des autres muscles respiratoires » (1er mém., p. 492). Les résultats que nous avons obtenus sont sur ce point spécial tout à fait différents, car dans presque tous les cas (exp. 79, 80, 82, 83, 85, 88, 91, 94) nos animaux ont montré le rétablissement des mouvements réflexes dans les quatre extrémités à la fois et souvent même dans les extrémités antérieures plus tôt que dans les postérieures. L'excitabilité de la moelle cervico-dorsale se rétablit donc évidemment aussi rapidement que celle de la moelle lombaire.

M. Wertheimer a fait la même observation sur les animaux qu'il avait préalablement refroidis. Nous lisons dans son deuxième mémoire (p. 572) : « chez les animaux refroidis, les mouvements réflexes généraux peuvent être souvent provoqués assitôt après l'opération, et quelquefois dans les quatre membres, au lieu de se réveiller tardivement et de revenir progressivement de bas en haut, comme cela se passe dans les conditions ordinaires. » On voit d'après ce détail, et par d'autres exemples encore, que dans nos expériences personnelles nous avons évité l'influence du choc sans recourir à des moyens artificiels.

S'il y avait vraiment des centres *respiratoires* dans la moelle épinière, pourquoi ces centres, se trouvant encore sous l'influence du choc, reprendraient-ils une excitabilité réflexe plutôt exagérée et ne répondraient-ils que très imparfaitement à l'excitation très énergique produite par le sang asphyxique? (Voir plus loin). Est-il logique d'admettre que le choc tue l'automatisme et respecte l'excitabilité réflexe?

Enfin — notre dernière objection sera peut-être la meilleure —, comment les partisans du choc expliquent-ils le fait bien connu que la respiration cesse après la section transversale de la moelle cervicale au niveau de la première ou de la deuxième vertèbre, tandis qu'elle continue après la section totale du bulbe en avant du centre respiratoire, sur une ligne passant par les stries acoustiques[1]?.

En résumé, tout en étant disposé à faire la part du choc, nous prétendons qu'on ne peut pas sans exagération attribuer uniquement à ce facteur la suppression de la respiration normale que tous les expérimentateurs ont constatée après la section transversale de la moelle cervicale au niveau de l'atlas ou de l'axis. Et si quelques-uns de nos lecteurs n'étaient pas encore convaincus, nous leur parlerions des phénomènes observés sur les fœtus et les animaux nouveau-nés. Nous n'avons malheureusement nous-même qu'une seule expérience de ce genre à offrir (exp. 85), mais on lira avec intérêt un travail récent de M. Heinricius (Ueber die Ursachen des ersten Athemzuges, Zeitschrift für Biologie, Bd. XXVI), qui a séparé la moelle du bulbe chez plusieurs jeunes chiens, chats et lapins extraits de la cavité utérine ou âgés de 1 à 2 jours, et qui a obtenu dans tous les cas un résultat semblable à celui que nous avons décrit, c'est-à-dire de nombreux mouvements spasmodiques et réflexes du tronc et des extrémités, des mouvements dyspnéiques de la tête plus ou moins fréquents, mais aucune respiration du tronc.

Il est évident que l'influence du choc opératoire est nulle chez le fœtus et chez l'animal nouveau-né, et cependant la section du bulbe anéantit

[1] On sait que les lapins n'ont pas de stries acoustiques, mais des *tubercules acoustiques*.

instantanément leur respiration [1]. M. Markwald a constaté les mêmes faits chez des animaux en hibernation.

Caractères particuliers des mouvements respiratoires d'origine spinale.

Tout le monde est d'accord pour reconnaître que ces mouvements sont très fréquents, très irréguliers, et le plus souvent très superficiels. Ces trois caractères ont été bien décrits par M. Wertheimer. En examinant nos tracés, nous serions tenté d'appuyer davantage sur le peu d'amplitude qu'offrent en général les contractions du diaphragme, alternant, il est vrai, avec quelques mouvements plus étendus; nous n'avons rien obtenu qui ressemblât à la fig. 5 du premier mémoire ou à la fig. 14 du deuxième mémoire de cet auteur, et nous avons vu plus souvent que lui des séries de mouvements du diaphragme ou des muscles expirateurs interrompues par des pauses plus ou moins longues. Mais nous n'insistons pas. Nous préférons signaler tout de suite quelques phénomènes intéressants dont l'étude nous a laissé la conviction que les mouvements du tronc des animaux à bulbe sectionné ne constituent pas une véritable respiration.

Notons avant tout le type presque exclusivement abdominal de la prétendue respiration spinale. La plupart des muscles élévateurs des côtes sont en général inactifs, et s'il y a des contractions des muscles intercostaux externes, elles sont presque toujours très faibles, souvent fibrillaires; nous n'avons jamais vu une élévation des côtes qui ressemblât quelque peu à celle de l'inspiration normale; nous osons prétendre, avec M. Markwald, que pendant l'inspiration le thorax ne dépasse jamais la position d'équilibre; le diaphragme constitue donc dans ces conditions la seule puissance inspiratrice. Les muscles abdominaux expirateurs, au contraire, le grand droit et les obliques se contractent fréquemment plus ou moins régulièrement, plus ou moins énergiquement,

[1] Ces observations ne corroborent pas les assertions de M. Bouget et de M. Brown-Séquard; nous nous bornons d'ailleurs à noter cette contradiction sans chercher à l'expliquer, notre bagage personnel étant tout à fait insuffisant.

même chez le chien, dont l'expiration normale, on le sait, est purement passive. Il y a parfois des séries d'expirations actives, que nous avons observées aussi bien à la fin qu'au commencement de l'expérience et que nous ne croyons pas devoir attribuer, comme M. Wertheimer, qui les a décrites longuement, au retour de l'activité médullaire dans la région dorso-lombaire tandis que la moelle cervicale serait encore sous l'influence du choc; nous avons remarqué, en effet, que cette respiration expiratoire est souvent accompagnée tout ensemble de mouvements des extrémités antérieures et des postérieures.

Notons encore, qu'aux mouvements dont nous parlons s'ajoutent *le plus souvent,* en effet, des contractions rythmiques des membres, de la tête, de la queue; dans tous ces cas, les muscles respirateurs n'agissent donc pas seuls, et la moelle envoie des impulsions motrices compliquées, sans coordination apparente. Il est certain que l'excitabilité réflexe de la moelle séparée du bulbe se trouve augmentée, souvent immédiatement après la section, parfois seulement au bout de quelques instants, lorsque l'influence du choc ne se fait plus sentir. Cette prédominance du tonus médullaire indépendant des centres supérieurs dure aussi longtemps que la faible pression du système aortique suffit à entretenir la vie des tissus[1], puis disparaît peu à peu dans leur mort successive. Durant la période d'activité exagérée de la substance grise, les plus faibles excitations, un attouchement, un léger pincement de la peau détermine des réflexes locaux ou généralisés.

Nous supposons donc que tous les mouvements respiratoires du tronc que nous voyons alors, presque toujours accompagnés de mouvements des pattes et de la queue, ou seulement de la queue, parfois de la tête, sont purement réflexes, au sens le plus restreint de ce mot[2] et dus à

[1] L'animal que nous avons observé le plus longtemps (exp. n° 83) a *vécu* 13 heures, et nous l'avons enfin tué en arrêtant définitivement l'insufflation pulmonaire.

[2] Nous admettons qu'il n'y a pas de spontanéité dans l'activité nerveuse et que tous les phénomènes nerveux sont, à proprement parler, d'ordre réflexes; mais si tous les actes de la vie sont réflexes, comme nous le croyons, il en est qui subissent l'influence de centres supérieurs et d'autres évidemment bien moins compliqués; c'est parmi ces derniers que nous rangeons les mouvements respiratoires d'origine spinale.

des excitations non appréciables dans d'autres conditions, comme celles que produisent, par exemple, un ébranlement de la table d'opérations, le contact de l'air en mouvement sur la peau de l'animal, etc.

Au milieu de tous ces mouvements désordonnés, autant dire de ces convulsions généralisées, est-il facile de démêler un acte respiratoire utile et incontestable ?

L'observation des faits dont nous allons parler nous a rendu encore plus sceptique.

Nous n'avons pas pu conclure de nos expériences que les variations de la composition chimique du sang exerçassent une influence spéciale sur les prétendus centres respiratoires spinaux. Une forte veinosité du sang augmente sans nul doute l'hypercinésie de la moelle isolée : nous avons vu souvent survenir des contractions fréquentes et énergiques du diaphragme, des muscles abdominaux et des extrémités après avoir interrompu pendant une ou deux minutes la respiration artificielle, alors que, au moment même où nous avions cessé l'insufflation pulmonaire, les membres étaient immobiles et le levier mis en communication avec la trachée n'inscrivait que les faibles ondulations correspondant aux systoles cardiaques. M. Wertheimer affirme que « c'est seulement quand les propriétés de la substance grise sont revenues faiblement et incomplètement qu'il faut attendre une, deux minutes ou plus après l'arrêt de l'insufflation pulmonaire pour voir la respiration spontanée se rétablir, et c'est alors qu'intervient l'influence excitante du sang noir. » Mais nous avons aussi observé ce phénomène sur des animaux dont le pouvoir réflexe était plus que rétabli. L'action du sang asphyxique s'exerce sur toute la moelle séparée de l'encéphale et nous avons constaté, après M. Wertheimer, que cette action peut être prolongée pendant plusieurs minutes sans que les mouvements respiratoires spinaux deviennent, comme dans l'asphyxie ordinaire, plus amples et moins fréquents. Si le sang noir concourt à la production de ces mouvements, c'est donc uniquement en augmentant l'excitabilité réflexe de tous les noyaux gris de la mœlle indistinctement.

L'insufflation pulmonaire la plus énergique et la plus prolongée n'arrête pas les mouvements des muscles respiratoires d'origine spinale, et par conséquent « les centres spinaux échappent à l'action des causes qui amènent l'apnée chez un animal dont le bulbe est intact. » Ce fait, dont la signification n'échappera à personne, acquiert plus d'importance encore dans nos expériences que dans celles de M. Wertheimer, car ce physiologiste, qui faisait en même temps des recherches sur les nerfs vaso-moteurs, avait préalablement coupé les deux pneumogastriques, et l'on sait que l'apnée se produit difficilement après cette opération. Dans nos expériences, le bulbe et le pneumogastrique étaient intacts, et cependant chez les animaux qui nous ont donné les tracés les plus favorables à la théorie de la respiration spinale, entre autres celui dont nous donnons un fragment dans la fig. 10, les mouvements du diaphragme se sont montrés immédiatement après la suspension de la respiration artificielle.

Après la section de la moelle cervicale au niveau de la première ou de la deuxième vertèbre, l'animal ne répond plus à l'insufflation pulmonaire par un mouvement d'expiration, ni au retrait du poumon par un mouvement inspiratoire; les prétendus centres spinaux ne président donc pas à la coordination normale, que nous avons vue persister après la section transversale du bulbe en avant de l'appareil respiratoire central. M. Marckwald a également observé ce dernier phénomène.

Selon M. Langendorff, on pourrait constater, après la section du bulbe, une coïncidence entre les mouvements respiratoires de la tête et ceux du tronc; ce phénomène s'expliquerait par la « loi de l'excitant commun » de *Volkmann,* en vertu de laquelle deux centres régissant la même fonction, quoique artificiellement divisés, se comporteraient de la même façon vis-à-vis de leur excitant normal et continueraient d'agir simultanément sous son influence. Mais M. Langendorff s'est servi d'animaux strychnisés; nous nous permettons donc de considérer comme incertains ou erronés tous les résultats de ces expériences, faites dans des conditions qui devaient nécessairement augmenter l'excitabilité cen-

trale. Chez nos animaux non intoxiqués, l'asynchronisme a été aussi complet que possible, et nous sommes heureux de voir M. Vertheimer, dont les expériences sont très nombreuses, s'exprimer ainsi à ce sujet : « il n'y a aucun synchronisme entre les mouvements respiratoires du tronc et ceux de la tête. Tandis que les premiers se répètent dans certains cas une centaine de fois par minute, les autres, comme tous les physiologistes ont pu l'observer après la section du bulbe, ne se reproduisent que huit à dix fois pendant le même espace de temps : pendant que les uns continuent avec la même rapidité malgré les progrès de l'asphyxie, les autres au contraire se ralentissent encore davantage en même temps que se manifestent du côté du bulbe les effets ordinaires de l'action du sang noir; c'est-à-dire que les centres voisins du centre respiratoire sont excités en même temps que lui, et chaque dilatation des naseaux s'accompagne d'un mouvement de la gueule et d'un mouvement de déglutition. » (1er mémoire, p. 485 et 486). Ce témoignage nous est précieux, provenant d'un auteur dont les conclusions diffèrent des nôtres, car si nous nous plaçons au point de vue de la loi de Volkmann, l'asynchronisme que nous avons observé est précisément à nos yeux une preuve que les prétendus centres respiratoires spinaux ne sont pas de même nature que les centres bulbaires classiques.

Les mouvements respiratoires d'origine spinale sont-ils capables d'entretenir la vie de l'animal ?

On connaît l'opinion de M. Langendorff. M. Vertheimer, lui aussi, répond affirmativement à la question que nous venons de poser : « chez trois jeunes chiens qui avaient déjà fourni des tracés pendant des heures, nous avons laissé la respiration spontanée s'exécuter librement à l'air par la canule trachéale, et nous l'avons vue persister très fréquente et très active chez l'un pendant vingt-cinq minutes, chez un deuxième pendant une demi-heure, chez le dernier enfin pendant quarante-cinq minutes, et encore faut-il ajouter que chez tous les trois nous avions

détaché les muscles abdominaux de leurs insertions au thorax, et mis ainsi largement à découvert le diaphragme avec la cavité abdominale. Il est probable que chez certains animaux moins refroidis et non mutilés on verrait la respiration persister encore davantage : mais ces expériences nous ont paru assez significatives pour que nous n'ayons pas jugé à propos de les renouveler : elles démontrent amplement que la respiration spinale suffit à entretenir la vie. » (1er mémoire, p. 476). Nous avons été moins heureux : après la cessation de l'insufflation pulmonaire, nos animaux n'ont conservé leur circulation et leur excitabilité réflexe que quelques instants; un seul (exp. 83) a donné des signes de vie pendant dix minutes.

Ces résultats variés s'expliquent peut-être par la différence des conditions expérimentales; nous avons fait nos expériences pendant les mois les plus chauds de l'année, et les animaux chez lesquels nous avons entretenu le plus longtemps la respiration artificielle avaient conservé une température de 23 à 24° C.; les trois jeunes chiens dont parle M. Wertheimer étaient probablement plus refroidis, et il en était de même sans nul doute des lapins chez lesquels M. Markwald a observé des mouvements spasmodiques persistant sans modifications durant une heure environ, après que la respiration artificielle avait cessé. Or un refroidissement poussé très loin constitue précisément à nos yeux l'une des sources d'erreur les plus graves inhérentes à la méthode qu'ont dû employer jusqu'à ce jour tous les expérimentateurs.

L'animal à moelle sectionnée pouvant vivre une heure durant, sans insufflation pulmonaire, le cœur continuant de fonctionner, il est incontestable que la « respiration spinale » de MM. Langendorff et Wertheimer, les « spasmes » de M. Markwald semblent avoir un effet respiratoire utile. Mais n'oublions pas que, dans ces conditions, la circulation se fait sous une faible pression et que les sujets sur lesquels nous expérimentons sont en quelque sorte transformés en animaux à sang froid.

S'il était possible d'annihiler sans traumatisme et sans refroidisse-

ment l'influence du bulbe et d'observer l'action isolée des prétendus centres médullaires en conservant une circulation tout à fait normale, les résultats seraient-ils les mêmes ? ou seraient-ils meilleurs? Nous ne sommes pas autorisés à le nier absolument. Mais nous avons essayé de satisfaire autant que possible aux deux premiers desiderata, par un procédé (voir exp. 101, 102, 103 et 104) qui n'est pas, nous le reconnaissons, à l'abri de toute critique, et nous avons vu que deux hémisections successives produisent la cessation de la respiration tout aussi bien que la section de la moelle cervicale en un temps. Quoi qu'il en soit, il nous semble que, dans l'état actuel de la question, nous manquons de preuves suffisantes pour admettre que l'élimination de l'appareil respiratoire bulbaire soit compatible avec la vie. Et si tous nos animaux avaient survécu trois quarts d'heure ou une heure à l'arrêt de la respiration artificielle, nous n'aurions pas une autre manière de voir.

Mouvements névromusculaires rythmiques indépendants des centres nerveux.

Nous admettons que les mouvements des muscles respiratoires, après la section du bulbe, sont d'ordre réflexe et relèvent de la moelle épinière, parce que ces mouvements, très fréquents, sont rarement isolés et présentent le plus souvent le caractère de convulsions généralisées.

Mais nous savons que des phénomènes assez semblables à ceux qui constituent la prétendue respiration spinale peuvent tout aussi bien se produire sans le concours de la moelle.

Un muscle séparé des centres nerveux n'est pas pour cela condamné au repos absolu : Aussi longtemps qu'il a conservé son irritabilité, il peut se contracter ; seule, la mort du muscle exclut la possibilité du mouvement névromusculaire.

Haller (Élément. physiol.) avait déjà affirmé que souvent les muscles d'un animal mort ont encore des contractions rythmiques spontanées, et que c'est dans le diaphragme que ces contractions rythmiques persis-

tent le plus longtemps. *Valentin* observa plus tard sur des animaux qu'il venait de tuer les « oscillations paralytiques » fasciculaires du diaphragme, qui n'étaient pas arrêtées par la section des nerfs phréniques. *Remak*[1], examinant au microscope la partie postérieure transparente du diaphragme d'un lapin tué 48 heures auparavant, a vu les faisceaux primitifs se contracter lentement et avec une certaine régularité, environ six fois par minute. *Brown-Séquard*[2] a constaté non seulement des contractions de faisceaux isolés, mais des mouvements réguliers du diaphragme tout entier (5 à 20 par minute), chez des lapins refroidis par l'ouverture de l'abdomen et auxquels il avait ensuite enlevé le sternum et sectionné les deux phréniques; les muscles intercostaux se contractaient faisceau par faisceau. Après la destruction de toute la moelle épinière, les mouvements continuaient encore pendant près d'un quart d'heure avec la même régularité. Cet éminent observateur déclare en outre que « tous les muscles du thorax, du tronc, des membres, de la face, etc., ainsi que le diaphragme, sont capables d'avoir des mouvements rythmiques après qu'on les a séparés du centre cérébro-spinal par la section de leurs nerfs. » Les faits signalés par Brown-Séquard ont été confirmés par *Vulpian*[3] et sont aujourd'hui connus de tous les physiologistes.

Schiff a décrit le premier (v. Muskel-und Nervenphysiologie, p. 177-182) les oscillations des muscles paralysés de l'animal vivant, qu'il a découvertes dans un certain nombre de muscles à partir du troisième ou du quatrième jour après la section de leurs nerfs moteurs. Ce sont des contractions rapides, à rythme irrégulier, se présentant successivement dans les faisceaux primitifs et produisant une sorte de vibration de tout le muscle sans effet utile. Elles sont faciles à démontrer dans une moitié de la langue d'un chien sur lequel on a sectionné le nerf

[1] J. Müller's Archiv., 1843, p. 182.

[2] Du rythme dans le diaphragme et dans les muscles de la vie animale après leur séparation des centres nerveux, Soc. de Biol. 1849, p. 158; *Journal de la physiologie*, 1859, p. 115.

[3] *Gazette médicale de Paris*, 1858, p. 825.

hypoglosse correspondant; on peut les observer aussi dans les muscles (dénudés) des membres dont les nerfs moteurs ont été coupés, dans les fibres striées de l'iris des oiseaux après la section du nerf moteur oculaire commun, dans les muscles peauciers qui font mouvoir les poils des moustaches des chiens, des chats, des lapins, après la section du facial.

« Les secousses fibrillaires dont nous venons de parler, ajoute Schiff, ont quelque analogie avec celles qui sont provoquées dans les muscles par l'affaiblissement ou l'arrêt de la circulation. Mais il faut noter que les contractions des muscles anémiés sont toujours plus énergiques et que nous ne devons pas l'attribuer uniquement à l'excitation simultanée des appareils centraux, car les muscles paralysés par la section de leurs troncs nerveux, et qui étaient déjà en vibration, montrent aussi des oscillations plus fortes dès que leur circulation est arrêtée. L'influence de l'anémie est seulement retardée dans les parties paralysées, elle s'y manifeste de 30 secondes à deux minutes plus tard, et aussi, il est vrai, un peu plus faiblement que dans les organes qui ont conservé leurs communications avec les centres (Comp. une observation publiée antérieurement par Brown-Séquard, Soc. de Biologie, I, p. 159).

Les secousses des muscles anémiés se distinguent en outre des oscillations du muscle paralysé par les pauses plus accentuées et plus longues qui donnent aux premières un rythme sensiblement plus comparable à celui des contractions de plusieurs de ces muscles pendant la vie. »

Kussmaul et *Tenner*[1] attribuent à l'anémie cérébrale les convulsions que provoque la compression des artères carotides et sous-clavières.

S. Mayer[2], se basant sur ces dernières expériences et sur celles de Schiff, formule ainsi une « loi d'excitation des terminaisons nerveuses » : Quand les appareils nerveux terminaux ont été exposés à un trouble de leur nutrition normale pendant un temps qui ne doit pas être

[1] Moleschott's Untersuchungen, Bd. II, Heft 3.
[2] Berichte d. Wiener Academie, 1880.

dépassé et qui varie pour leurs divers éléments, ils répondent à la reprise des processus nouveaux de nutrition par des phénomènes d'excitation plus ou moins intenses. Un an plus tard, cet auteur donne une description[1] des oscillations et des secousses post-anémiques des muscles paralysés qui, même curarisés, n'entrent jamais en repos.

Kühne[2] et ***Biedermann***[3] ont constaté pendant des heures et des journées entières des secousses rythmiques dans le muscle couturier de la grenouille isolé et immergé dans une faible solution de sel de cuisine et de phosphate de sodium. On sait enfin que, dans des circonstances favorables, l'utérus complètement isolé présente encore longtemps des contractions rythmiques régulières indépendantes de toute irritation extérieure appréciable[4].

En présence de tous ces faits, et en considérant : d'une part, que la section de la moelle cervicale au niveau de la première vertèbre, annihilant l'action des centres vaso-constricteurs cérébraux et bulbaires, est suivie d'un abaissement considérable de la pression sanguine dans le tronc et dans les extrémités; d'autre part, que la respiration artificielle que l'on doit entretenir chez les animaux ainsi opérés les refroidit très sensiblement et plus ou moins rapidement, — nous sommes bien obligés de convenir tout au moins que les mouvements rythmiques du diaphragme, des muscles expirateurs et d'autres groupes musculaires, que nous observons dans ces expériences, n'imposent pas la conclusion qu'il y a des centres respiratoires spinaux. Et si nous admettons des mouvements respiratoires d'origine spinale, nous devons admettre aussi des mouvements respiratoires indépendants du sytème nerveux central.

En résumé, on peut voir, chez un animal dont la moelle épinière a été séparée du bulbe, des mouvements rythmiques des muscles expira-

[1] Prager med. Wochenschrift, 1881.
[2] Untersuchungen aus dem physiol. Institute zu Heidelberg, Bd. III.
[3] Berichte d. Wiener Academie, 1880.
[4] *Jacub*, Ueber die rythmischen Bewegungen des Kaninchenuterus, du Bois Reymond's Archiv., 1884.

teurs, du diaphragme et parfois aussi de quelques autres muscles inspirateurs. Ces mouvements sont presque toujours très fréquents; ils sont superficiels ou d'une amplitude inégale; des séries d'inspirations alternent dans certains cas avec des séries d'expirations actives; les unes et les autres s'accompagnent très souvent de mouvements des membres et de la queue; nous n'avons jamais observé une élévation des côtes appréciable à la vue; il n'y a pas de synchronisme entre les mouvements respiratoires du tronc et ceux de la tête; les noyaux gris d'où partent probablement ces mouvements ne sont pas influencés par les variations des gaz du sang; enfin, nous n'avons aucune preuve certaine que ces mouvements soient capables d'entretenir la vie.

Est-ce là une respiration?

M. Langendorff n'en doute nullement, bien plus, il déclare que la respiration spinale ne diffère en rien de celle d'un animal intact. Les faits sont là pour répondre à cette assertion. M. Wertheimer, qui admet aussi des centres respiratoires spinaux, est un peu plus réservé dans son opinion : « que cette respiration ne soit pas une respiration normale, dit-il dans son deuxième mémoire (loc. cit., p. 579), c'est ce que nous avons cherché à prouver. » Il reconnaît d'ailleurs déjà dans sa première communication que les mouvements respiratoires qui se présentent après la section du bulbe « ont changé de caractère » (loc. cit., p. 503) et que « l'activité des centres médullaires est inégale, parce qu'ils ne sont pas aptes à régulariser eux-mêmes leur travail » (loc. cit., p. 489). Mais il explique cette particularité par l'hypothèse qu'il y a deux sortes de centres respiratoires, les centres bulbaires et les centres spinaux, « qui ne sont pas à proprement parler antagonistes, mais à fonctions distinctes, les uns régulateurs, les autres simplement excito-moteurs (loc. cit., p. 486). » — Le rôle des centres spinaux, dit-il, consiste à envoyer aux muscles respirateurs des impulsions rythmiques incessantes, du moins quand ils sont séparés de l'encéphale : ce sont des organes purement excitateurs du mouvement, et le sang asphyxique aussi bien que le sang chargé d'oxygène ne font que les stimuler dans

ce sens. Le centre bulbaire qui est, lui, un régulateur de ces mouvements, modifie au contraire son travail, tantôt pour l'activer, tantôt pour le diminuer ou même le suspendre, suivant les qualités du sang qui le baigne. » — « La fréquence de la respiration spinale est significative au point de vue du fonctionnement des centres médullaires et de leurs relations avec le bulbe. Il est particulièrement propre à montrer l'activité continue des uns et l'influence modératrice de l'autre... » « Les relations des centres spinaux avec le centre bulbaire ressortent nettement de l'exposition des faits. Puisque après la section du bulbe, les mouvements respiratoires sont fréquents, superficiels, d'amplitude inégale, c'est que celui-ci intervient normalement pour les rendre tout à la fois plus lents et plus profonds et en même temps pour leur donner la régularité nécessaire. Puisque dans les mêmes conditions, les muscles expirateurs se contractent inutilement ou à contre temps, c'est que le bulbe est chargé de modérer, et même chez le plus grand nombre d'animaux d'inhiber complètement l'activité des centres expiratoires et de la coordonner avec celle des centres inspirateurs. En résumé, si le bulbe n'est pas le centre unique de la respiration, il n'en remplit pas moins un rôle des plus importants : il représente pour cette fonction, comme pour la circulation, un appareil modérateur et régulateur. »

L'ablation du centre bulbaire équivaut-elle réellement à la simple suppression d'un rouage d'arrêt? Nous ne pouvons pas accepter cette interprétation. Une respiration utile réclame la succession régulière et l'adaptation à leur but des divers mouvements qui concourent normalement à l'accomplissement de cette fonction. C'est là ce qui caractérise, bien plus, c'est là ce qui constitue précisément les phénomènes mécaniques d'une véritable respiration, et les centres qui règlent et qui coordonnent ces phénomènes sont pour nous les seuls centres respiratoires. Des séries de contractions désordonnées « inutiles et à contre temps, » de quelques-uns des muscles que l'on est convenu d'appeler respiratoires — nous ne disputons pas sur ce mot — ne font pas une respiration. La prétendue respiration spinale n'a à nos yeux qu'une analogie

très incomplète avec la respiration normale, et les soi-disants centres respiratoires spinaux sont pour nous tout simplement les centres réflexes principaux de muscles qui servent à la respiration active mais qui peuvent aussi entrer en jeu, chacun le sait, dans des actes physiologiques d'un tout autre ordre.

Nous admettons d'ailleurs que les nerfs respiratoires du tronc ont des fibres provenant directement des faisceaux respiratoires du bulbe, et nous chercherons à le démontrer plus loin.

APPENDICE AU CHAPITRE I.

Notre travail traite exclusivement de la respiration des mammifères et c'est sur des animaux de cette classe que nous avons fait presque toutes nos expériences. Chez des vertébrés plus inférieurs, chez les batraciens, par exemple, la section transversale de la moelle cervicale au niveau du bec du calamus n'anéantit pas la respiration, mais elle persiste également après la destruction complète de la moelle épinière.

Nous résumons dans les lignes suivantes la belle description que Knoll a donnée[1] des mouvements respiratoires de la grenouille et dont nous avons pu vérifier l'entière exactitude.

Il y a chez la grenouille deux sortes de mouvements rythmiques des muscles respiratoires :

1° Des contractions de la membrane jugulaire (Kehlathmung), accompagnés de mouvements des narines très faibles et souvent appréciables seulement à l'œil armé d'une loupe, d'une petite secousse des flancs et d'oscillations du larynx en avant et en arrière, la glotte restant fermée. Il est clair que ces mouvements n'introduisent point d'air dans les poumons, mais ils ne sont sans doute pas sans utilité pour la respiration, à cause des variations de pression qu'ils déterminent dans la cavité abdominale;

[1] Beiträge zur Lehre v. d. Athmungsinnervation, Achte Mittheilung, Sitzungsberichte d. k. Akademie d. Wissenschaften in Wien, Juli 1887.

2° La ventilation pulmonaire (ventilirende Athmung) : mouvements de la membrane jugulaire plus énergiques que les précédents; mêmes mouvements du larynx, mais plus étendus, avec dilatation et rétrécissement bien marqués des narines, ouverture et fermeture de la glotte, voussure et retrait des flancs.

Il faut ajouter que l'animal excité exécute souvent aussi des mouvements exagérés qui gonflent et dégonflent alternativement ses poumons (Aufblähende Athmung).

Les mouvements qui accomplissent la ventilation pulmonaire, les seuls qui nous intéressent, se décomposent comme suit : la glotte s'ouvre et le larynx est ensuite tiré en avant pendant que l'aditus laryngis se dilate encore davantage; puis la glotte se contracte et le larynx fermé revient en arrière. Pendant le premier mouvement, les narines se rétrécissent; elles se dilatent de nouveau dans le second. L'ouverture de la glotte détermine l'affaissement des flancs, qui s'élargissent pendant le mouvement en avant du larynx ; mais ceci est peu marqué quand la bouche de l'animal reste ouverte. Au moment où la glotte s'ouvre, les narines étant dilatées et la membrane jugulaire flottante, l'air sort des poumons, produisant parfois avec un craquement perceptible, et c'est durant l'oscillation du larynx en avant que les poumons se remplissent de nouveau par l'action combinée de la membrane jugulaire qui se contracte et de la langue qui par cette contraction est appliquée contre le palais dur. Cuvier a déjà comparé ce mécanisme à celui d'une pompe. L'air qui est poussé dans les poumons doit être en grande partie l'air atmosphérique préalablement aspiré dans le mouvement de recul du larynx fermé, la membrane jugulaire relâchée et les narines ouvertes; mais l'expiration précédant l'inspiration, il doit se produire un mélange de l'air expiré et de celui qui va entrer dans les poumons, comme Wedenski l'a fait remarquer le premier.

Il n'est pas facile d'ailleurs de préciser le moment où l'air cesse de sortir du poumon et commence d'y rentrer ; l'inspiration s'effectue lorsque la pression dans la gorge vient à dépasser celle de l'air contenu dans

les poumons, et il faut évidemment que la pression soit constamment positive dans le poumon pour qu'il puisse rester dilaté tout en n'étant entouré que de parties molles. D'après Kolb, les inspirations profondes qui produisent le gonflement anormal du poumon ne seraient toutefois pas exclusivement passives, mais l'action de la membrane jugulaire et des muscles du larynx serait alors renforcée par les contractions des muscles obliques internes de l'abdomen, remplaçant en quelque sorte le diaphragme, qui refoulent énergiquement en arrière les viscères abdominaux et provoquent des variations de pression dans la cavité abdominale, facilitant ainsi, lorsque la glotte est ouverte, les changements de volume du poumon.

Knoll ne croit pas non plus que des forces musculaires entrent en jeu dans l'expiration normale. Quelques auteurs, entre autres Heinemann[1] et P. Bert[2], le premier se basant sur le fait que l'on peut constater encore la dilatation et la rétraction des poumons de la grenouille lorsqu'ils ont été mis à nu, ont attribué à leur élasticité, et même à leur musculature, un rôle dans l'expiration, dont un agent plus important serait toutefois la contraction des muscles abdominaux. Martin[3] et Wedenski[4] admettent que les muscles abdominaux sont seuls actifs. Knoll ne reconnaît l'action de la presse abdominale que dans le coassement et dans le gonflement et le dégonflement alternatifs des poumons (Aufblähende Athmung), qui sont des mouvements respiratoires exagérés; mais même dans ces mouvements la contraction des muscles obliques internes précède l'ouverture de la glotte et ne peut donc pas être considérée comme déterminant directement l'expiration.

A l'appui de sa théorie, Knoll avance les faits suivants, que nous avons observés nous-même :

[1] Virchow's Archiv. Band XXII.
[2] P. Bert. Leçons sur la physiologie comparée de la respiration. Paris 1870.
[3] H.-N. Martin. The normal respiratory movements of the frog and the influence upon ist respiratory centre of stimulation of the optic lobes. *Journal of physiology*. Vol. I, p. 131 et suiv.
[4] N. Wedenski. Ueber die Athmung des Frosches. Pflüger's Archiv. Bd. 25.

1° Le retrait des flancs se limite, le plus souvent très exactement, à la région qui avait été bombée par la dilatation des poumons; c'est ce que l'on voit le plus nettement sur une grenouille couchée sur le côté et lorsque l'expansion du poumon se fait complètement.

2° On ne constate pendant le retrait des flancs aucune contraction, ni à la surface de section des muscles obliques abdominaux externes, ni à celle des internes. Si on a mis à nu les poumons enveloppés dans les muscles obliques internes — par la dissection des muscles du thorax et des obliques externes, — on voit, pendant les mouvements normaux de la ventilation pulmonaire, les poumons s'affaisser en entraînant avec eux le muscle membraneux qui les recouvre et qui reste complètement relâché.

3° Les grenouilles chez lesquelles on a détruit la moelle épinière à partir de la deuxième vertèbre cervicale, de façon à paralyser complètement le tronc et les extrémités, ne présentent aucune modification du type expiratoire dans la ventilation pulmonaire ordinaire.

Quant à l'action de la musculature des poumons, on peut se convaincre que le volume de ces organes n'offre plus aucun changement dès que le larynx est artificiellement obstrué ou lorsqu'on a sectionné les muscles extrinsèques du larynx.

En résumé, la respiration de la grenouille résulte de variations alternatives de la pression dans les poumons et dans la cavité bucco-pharyngienne, dues aux oscillations du larynx, qui agit à l'ouverture thoracique antérieure comme le piston d'une pompe. Aucune force musculaire n'intervient dans cette respiration, aussi longtemps qu'elle est normale et ce n'est que dans les mouvements respiratoires exagérés que la contraction des muscles obliques internes est un facteur accessoire de l'inspiration.

Il n'est pas étonnant dès lors que, comme l'a déclaré Flourens, la destruction complète de la moelle épinière ne produise aucun trouble respiratoire chez la grenouille. On ne voit plus alors les mouvements exagérés de gonflement et de dégonflement des poumons, mais la venti-

lation pulmonaire normale n'est pas modifiée. Après la section de la moelle cervicale tout près du calamus, la grenouille peut vivre une semaine, et plus longtemps encore, avec une respiration régulière. Généralement l'animal respire comme auparavant tout de suite après l'opération.

La respiration continue, d'autre part, aussi après l'élimination du cerveau et du mésencéphale par une section pratiquée au bord postérieur des corps bijumeaux, et dans ce cas elle se présente encore sous toutes ses formes.

Ce n'est que la destruction du bulbe qui anéantit la respiration; quelquefois une simple section derrière le cervelet suffit; il faut donc admettre, avec J. Steiner, Flourens, Vulpian, que les centres respiratoires de la grenouille se trouvent uniquement dans le bulbe, et très probablement dans sa partie antérieure.

La grenouille est aussi un bon sujet pour démontrer qu'il y a dans la moelle allongée un centre automatique de la respiration, et que les excitations sensibles parvenant au bulbe ne sont pas la seule cause de la respiration, car on peut faire presque simultanément la section du cerveau derrière les corps bijumeaux et celle de la moelle cervicale au niveau du calamus et voir l'animal respirer encore durant plusieurs jours.

CHAPITRE II

DE L'HÉMIPLÉGIE RESPIRATOIRE.

De toutes les expériences qui ont été faites pour fixer le siège des centres respiratoires, la plus démonstrative est celle qui consiste à supprimer la respiration thoracique et abdominale dans une moitié du corps par une hémisection de la moelle cervicale un peu en arrière du bec du calamus[1].

Nous avons obtenu ce résultat un très grand nombre de fois, sur des chiens, sur des chats, sur des lapins, sur des cobayes et sur des rats albinos.

Nous nous sommes servi dans tous les cas d'animaux adultes ou âgés de quelques mois; d'autres expérimentateurs ont constaté que les sujets trop vieux tolèrent mal les opérations de ce genre et sont souvent sacrifiés inutilement, et nous savons, d'autre part, que chez les animaux nouveau-nés ou très jeunes, les centres régulateurs ne sont pas encore bien développés. L'animal profondément éthérisé, la membrane occipito-athoïdienne mise à nu et l'hémostase assurée, nous avons ouvert le canal rachidien en évitant autant que possible la lésion des larges sinus veineux de cette région, et à l'aide d'un petit ténotome convexe bien aiguisé, nous avons sectionné transversalement une moitié latérale de la moelle cervicale, le plus souvent à une très petite distance du bulbe.

[1] Expérience de M. Schiff.

Un certain nombre d'animaux, opérés avec toutes les précautions antiseptiques, ont été conservés plusieurs jours et plusieurs semaines — les rats nous ont fourni sous ce rapport les meilleurs résultats, — et nous avons pu ainsi nous convaincre que l'hémiplégie respiratoire qui suit cette opération n'est pas temporaire, comme l'ont prétendu plusieurs auteurs, mais bien permanente.

Chez les chiens, spécialement chez les chiens élancés et maigres, comme les lévriers par exemple, les mouvements des côtes se voient avec la plus grande facilité. Il n'en est pas de même pour les lapins, dont le type respiratoire est abdominal et sur lesquels nous n'avons pu observer exactement ces mouvements qu'après avoir incisé la peau sur la ligne médiane et détaché des deux côtés du sternum les muscles qui recouvrent la cage thoracique. Nous avons aussi découvert le thorax des chats et des rats avant de les tuer. Quant au diaphragme, on ne peut avoir extérieurement qu'une représentation très incomplète de ses excursions : la contraction d'une moitié latérale de ce muscle tire aussi sa partie paralysée, et les viscères abdominaux sont comprimés à droite et à gauche, inégalement, il est vrai, mais de telle façon que, dans certains cas et dans les positions asymétriques de l'animal, il est véritablement impossible de constater une différence entre les deux côtés. Ce n'est qu'en ouvrant la cavité abdominale et en écartant le foie, l'estomac et la rate, que l'on peut étudier nettement les mouvements actifs et passifs du diaphragme et voir le centre tendineux tiré vers le côté paralysé. C'est ce que nous avons fait dans toutes nos observations, au moment où l'animal, préalablement éthérisé, allait être sacrifié.

En présence des opinions contradictoires qui existent sur cette intéressante question, nous avons tenu à inscrire simultanément, chez quelques lapins, les mouvements respiratoires des deux moitiés du thorax, et après quelques tâtonnements nous sommes parvenu à obtenir des tracés suffisamment nets et exacts. Nous avions attendu de bons résultats de l'emploi de l'explorateur à deux tambours de Marey, placé à cheval sur le sternum des petits animaux et mis en communication par

deux tubes de caoutchouc avec deux autres tambours à levier. Nous n'avons pas tardé à reconnaître que cet instrument n'est pas utilisable dans ce but. Nous affirmons qu'une hémisection complète de la moelle au niveau de la première vertèbre cervicale abolit la respiration ***normale*** de la moitié correspondante du tronc. — Nous verrons plus tard que la dyspnée y provoque des mouvements respiratoires, mais n'anticipons pas. — Chez l'animal ainsi opéré, la respiration est unilatérale, l'inspiration soulève les côtes du côté opposé, tandis que celles dont les muscles sont devenus inactifs restent immobiles ou *s'abaissent* un peu à chaque inspiration, pour reprendre au commencement de l'expiration leur

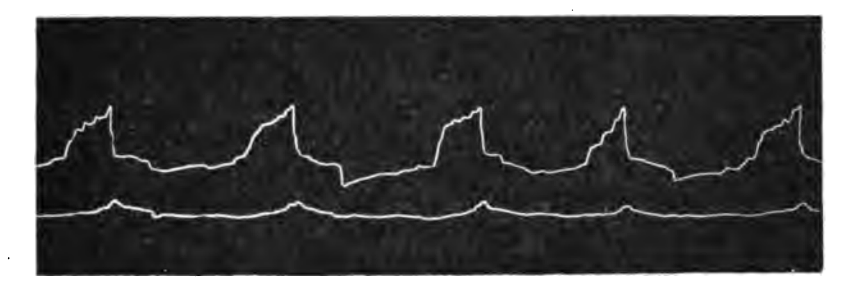


Fig. 11.

position primitive; tandis qu'une moitié de la cage thoracique se dilate à l'inspiration et se rétrécit à l'expiration, l'autre moitié conserve un volume à peu près uniforme, ou plutôt est mue passivement en sens inverse, sa paroi latérale étant à chaque inspiration faiblement tirée vers la ligne médiane. C'est ce qu'il nous a été impossible d'inscrire à l'aide des deux tambours conjugués de l'explorateur de Marey, ou de deux tambours qnelconques fixés par une ceinture au thorax d'un animal, la compression de l'un étant inévitablement accompagnée d'une légère traction avec compression de l'autre aussi. Les tracés que nous avons obtenus de cette façon ne sont pas fidèles : tout le monde interpréterait celui de la fig. 11, par exemple, fourni par un chien qui avait subi une hémisection huit jours auparavant, dans ce sens, que les mouvements respiratoires étaient bilatéraux et seulement plus fáibles du

côté de l'opération. Il n'en était rien, cependant, la paroi thoracique droite était absolument passive, immobile pendant l'inspiration et pendant l'expiration, ou à certains moments *poussée* de bas en haut au commencement de fortes *expirations*. La fig. 12, donnée par un lapin, est

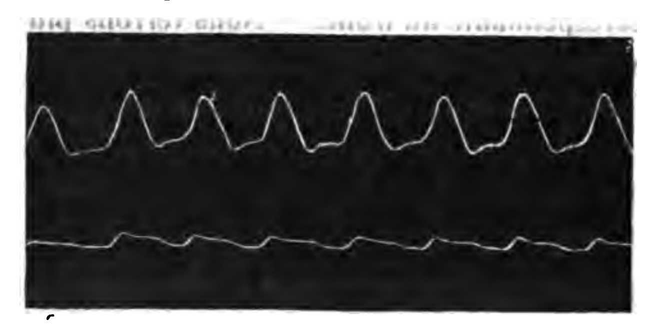


Fig. 12.

tout aussi infidèle, comme le montre la fig. 13, prise le lendemain chez le même animal (Exp. 52). On pourrait à la rigueur se servir de deux tambours isolés, appliqués sur deux points symétriques du thorax par les mains d'un aide; mais il est très difficile d'obtenir de celui-ci un repos absolu et une compression égale, et ses mouvements involon-

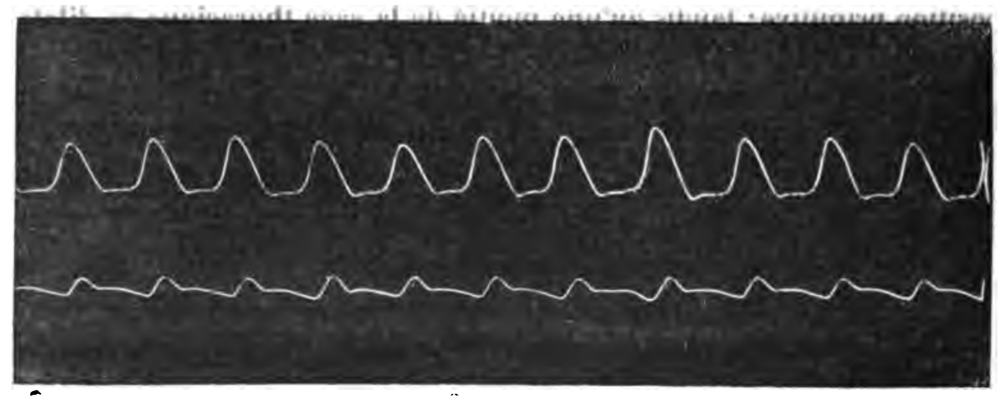


Fig. 13.

taires, ainsi que ceux de l'animal, compromettent trop souvent la réussite du tracé. Nous n'avions pas à notre disposition le stéthographe

double de Riegel. Nous avons donc renoncé à cette méthode et nous nous sommes borné à inscrire le mouvement des côtes, dont on a beaucoup discuté l'activité ou la passivité dans l'état que nous désignons, nous, sous le nom d'hémiplégie respiratoire. L'animal couché sur le dos et fixé dans cette position sur l'appareil de Czermak, la tête éloignée du cylindre enregistreur, nous avons passé autour de la cinquième côte, à un ou deux centimètres du sternun, à droite et à gauche, deux fils tendus sur des poulies et reliés à deux myographes de Helmholz agencés sur un support à tige de façon à ce que leurs pointes pussent se mouvoir librement dans une ligne verticale. Ce simple dispositif a servi pour tous les tracés que nous avons recueillis dans ces premières expériences, à l'exception de ceux des fig. 11 et 12; les graphiques doivent être lus de gauche à droite; la ligne supérieure représente les mouvements respiratoires des côtes du côté sain, l'ascension de la courbe correspondant aux inspirations, la descente, aux expirations; la ligne inférieure reste droite ou montre quelques faibles soulèvements produits par les mouvements passifs des côtes dont les muscles élévateurs ne sont plus en rapport avec les centres respiratoires du bulbe.

Nous n'avons pas essayé d'inscrire les mouvements du diaphragme, actifs dans la moitié de ce muscle opposée à la lésion, passifs dans la moitié correspondante, — aussi longtemps qu'il n'y a pas une forte dyspnée (voir plus loin); — nous avons pensé qu'il était plus utile de bien observer ce phénomène, et de le décrire fidèlement, que de chercher à en donner une reproduction graphique nécessairement très imparfaite.

Voici une série d'observations d'hémiplégie respiratoire expérimentale. Nous éliminons toutes les expériences dans lesquelles l'autopsie a démontré une hémisection médullaire incomplète; il arrive trop souvent, et tout spécialement lorsque l'instrument dont on se sert ne coupe pas très bien, que l'on ne divise pas tous les éléments de la substance blanche de la moelle, laissant intacts ceux qui se trouvent dans une portion triangulaire du cordon antérieur et dans une zone marginale du cordon latéral, à côté du nerf spinal; on a pratiqué dans ces cas une

piqûre plutôt que la section complète d'une moitié de la moelle, et après cette lésion la respiration reste bilatérale. Il est probable que les fibres du faisceau respiratoire, arrivées dans la formation réticulée de Deiters, se dirigent de là dans la partie la plus ventrale du cordon antérieur.

Exp. n° 26. Jeune lapin de six mois.

26 avril 1888. L'animal est fixé sur l'appareil de Czermak et éthérisé. On met à nu la membrane occipito-atloïdienne et on ouvre le canal rachidien sans hémorragie. Section de la moitié latérale droite de la moelle environ 1 millimètre en arrière du bec du calamus. Immédiatement après l'opération, on constate, pour autant qu'il est possible de s'en rendre compte exactement sans découvrir les côtes et sans ouvrir la cavité abdominale, que la respiration du tronc est unilatérale et que la paroi thoracique droite est, à chaque inspiration, tirée vers la ligne médiane. La narine droite ne se dilate pas à l'inspiration. 40-45-48 mouvements respiratoires par minute. Il y a de l'hypéresthésie du côté correspondant à l'hémisection, un peu d'anesthésie du côté opposé.

Quatre heures après l'opération, la respiration du tronc est toujours unilatérale, mais les mouvements de la narine droite sont revenus; le lapin est toujours couché sur le flanc; il n'a pas mangé.

Le lendemain on décide de le sacrifier. On l'éthérise profondément, on fait une incision longitudinale de la peau sur le sternum, on détache les muscles pectoraux et de cette façon on peut se convaincre que, seules, les côtes gauches sont actives dans l'inspiration. En ouvrant la cavité abdominale, on voit que la moitié gauche du diaphragme se contracte énergiquement tandis que sa moitié droite, absolument passive, est à chaque inspiration tirée de haut en bas et de droite à gauche et que le bord droit du centre tendineux s'approche ainsi de la ligne médiane.

A l'*autopsie* on constate que l'hémisection est complète.

Exp. n° 37. 30 avril 1888.

Nous pratiquons sur un grand chien lévrier, malade, une hémisection de la moelle cervicale à droite, après avoir enlevé l'arc postérieur de l'atlas. A la suite de cette opération, nous observons très nettement l'inactivité des côtes du côté gauche et les

mouvements asymétriques des parois abdominales permettent de supposer que la moitié droite du diaphragme ne se contracte pas.

Nous ne pouvons malheureusement pas observer longtemps cet animal, que l'on trouve mort quelques heures plus tard.

Exp. n° 38. Lapin adulte.

13 juin 1888. Hémisection à droite, au niveau de la pointe du calamus. Après l'opération, la tête de l'animal est continuellement tournée vers le côté gauche. On ne constate pas d'hypéresthésie à droite, mais un certain degré d'anesthésie à gauche. La respiration du tronc paraît être unilatérale, mais les mouvements des narines sont conservés des deux côtés; il y a environ 50 respirations par minute.

Le 14, la position de la tête est toujours la même; elle est comme tirée vers le côté gauche. Dans ses mouvements de locomotion, l'animal décrit de grands cercles de droite à gauche. Mêmes phénomènes respiratoires qu'hier.

Le 15, l'animal ne mange pas, est abattu. On le sacrifie. Après l'avoir profondément anesthésié, on dénude les côtes et on ouvre la cavité abdominale. Les côtes gauches sont faiblement soulevées dans l'inspiration; les mouvements des côtes droites, s'il y en a, ne sont pas perceptibles à la vue; le diaphragme a les mouvements caractéristiques de l'hémiplégie respiratoire. On sectionne rapidement la moitié latérale gauche de la moelle cervicale, environ 1 millimètre en arrière de la première section et l'on détermine ainsi l'arrêt subit et définitif de la respiration costale et diaphragmatique; après cette seconde opération, on ne voit plus que quelques mouvements dyspnéiques de la bouche, de plus en plus éloignés. Le cœur bat encore pendant environ 5 minutes et pendant plus de 20 minutes nous observons des contractions fasciculaires du diaphragme, à rythme régulier.

L'*autopsie* révèle une hémisection complète à droite, avec un caillot remplissant la fente de la moelle; à gauche, la moelle offre, un peu plus en arrière, une section complète aussi de sa moitié latérale.

Exp. n° 39. 18 juin 1888. Rat albinos adulte.

10 h., hémisection de la moelle cervicale à droite, au niveau de la première vertèbre. Tôt après l'opération, on tient l'animal, encore anesthésié, couché sur son dos et l'on constate très distinctement, à travers la peau, les mouvements asymétriques caractéristiques de l'hémiplégie respiratoire : la paroi latérale droite du thorax

est, à chaque inspiration, tirée en dedans et les viscères abdominaux supérieurs semblent être en même temps refoulés par le diaphragme plus énergiquement à gauche qu'à droite. On ne voit pas de mouvements respiratoires de la narine droite. Il y a des mouvements convulsifs du globe oculaire gauche; l'œil droit est fermé; pas de mouvements spontanés des paupières de ce côté.

10 h. 30 m., tous les réflexes sont revenus. Il n'y a pas d'hypéresthésie dans la moitié droite du corps, probablement parce que les cordons postérieurs ont été épargnés par le ténotome, que nous croyons en effet avoir introduit un peu en dehors de la ligne médiane.

10 h. 45 m., on commence à voir quelques faibles mouvements de la narine droite, les autres phénomènes respiratoires ne se sont pas modifiés.

11 h., les mouvements spontanés sont nombreux et fréquents; l'animal cherche à s'enfuir.

3 h., le rachis est dévié vers le côté sain et l'animal court en décrivant de longs cercles réguliers de droite à gauche.

Le 19, l'animal va bien. La déviation de la colonne est moins marquée. Hypérémie de l'œil droit analogue à celle qui se présente après la section du nerf sympathique. On observe la respiration dans la narcose[1], elle est unilatérale comme hier.

Le 21, il y a un peu de suppuration de l'œil droit. La déviation de la colonne a disparu et l'animal court droit devant lui. Mêmes phénomènes respiratoires.

Le 22, l'animal va bien. L'œil droit est guéri. L'hémiplégie respiratoire paraît avoir persisté et, pour en avoir la conviction absolue, on découvre les côtes et le diaphragme (ouverture de la cavité abdominale) dans l'éthérisation profonde. Il est alors manifeste que la respiration s'effectue uniquement par les mouvements actifs du thorax gauche et de la moitié gauche du diaphragme. Non seulement les côtes droites n'agissent pas de concert avec les côtes gauches, mais les premières subissent une traction en sens inverse et s'abaissent faiblement à chaque inspiration. Nous observons ce phénomène pendant environ 10 minutes, puis l'animal se refroidit peu à peu et nous remarquons avant la mort, très probablement sous l'influence de la dyspnée croissante, quelques inspirations énergiques dans lesquelles les côtes gauches et les

[1] Il n'est pas possible de comparer sur un animal les mouvements respiratoires des deux moitiés du thorax, sans le tenir couché sur le dos. La vivacité des rats albinos et la crainte d'être mordu nous ont décidé à ne pratiquer cet examen qu'après éthérisation. C'est ce que nous avons fait dans tous les cas, et nous nous dispenserons de le noter dans les observations suivantes.

côtes droites s'élèvent simultanément. Nous nous bornons ici à noter ce fait, sur lequel nous reviendrons plus tard. Longtemps après la mort nous voyons quelques contractions fasciculaires rythmiques du diaphragme.

L'hémisection complète est vérifiée par l'*autopsie*.

Exp. n° 40. Rat femelle.

3 juillet 1888. On découvre la membrane occipito-atloïdienne et on sectionne la moitié latérale droite de la moellle en arrière du bec du calamus scriptorius. Tout de suite après l'opération, l'animal, tenu couché sur le dos, présente les symptômes d'une hémiplégie respiratoire bien accentuée. Quatre heures plus tard, mêmes phénomènes respiratoires, faible déviation de la colonne dorsale à convexité latérale droite et mouvements de manège de droite à gauche.

Le 4, le rachis n'est plus fléchi, l'animal court droit devant lui [1], va bien, mange avec avidité et offre une respiration bien nettement unilatérale.

Le 6, on observe attentivement la respiration, qui paraît toujours unilatérale. On constate en même temps que l'animal est une femelle en état de gestation.

Le 9, elle met bas 4 petits.

Le 7 août, après une absence de plus de trois semaines, nous le retrouvons en parfaite santé. On l'éthérise profondément, on dénude les côtes, on ouvre la cavité abdominale et l'on note les phénomènes suivants : dans l'inspiration, qui soulève normalement les côtes à gauche, les côtes droites sont très manifestement tirées de haut en bas (ou plutôt d'avant en arrière, si l'on considère la position de l'animal) et la paroi thoracique du même côté se rapproche ainsi de la ligne médiane; dans l'expiration, les deux moitiés du thorax se meuvent également en sens inverse pour reprendre une position asymétrique. Dans la respiration normale, la moitié gauche du diaphragme se contracte seule et l'on voit, à chaque inspiration, le centre tendineux tiré vers la gauche. On sectionne tous les cartillages costaux sur les deux bords du sternum et après cette opération, les côtes droites, libres comme les gauches,

[1] Nous éviterons dorénavant de parler des troubles moteurs des extrémités, qui, chez les animaux sur lesquels nous avons expérimenté, sont le plus souvent peu marqués après la section d'une moitié latérale de la moelle. On sait que la section d'un cordon latéral n'a pas, chez les mammifères inférieurs, la même symptomatologie que la lésion ou la dégénérescence du faisceau pyramidal croisé chez l'homme et chez le singe. Ces phénomènes n'ont d'ailleurs aucun rapport avec nos expériences.

restent absolument immobiles. Cependant, sous l'influence d'une forte dyspnée, dans l'agonie, l'animal fait quelques mouvements inspiratoires puissants dans lesquels les côtes droites sont soulevées aussi bien que les côtes gauches, tandis que le diaphragme tout entier se contracte.

A l'*autopsie*, on trouve une hémisection de la moelle cervicale entre l'occiput et la première vertèbre. Le cordon postérieur droit n'est détruit qu'en partie, mais le cordon antéro-latéral du même côté est divisé dans sa totalité et la substance grise, presque complètement.

Exp. n° 41. Rat mâle.

3 juillet 1888. Hémisection de la moelle cervicale à droite, comme dans l'expérience précédente. Après l'opération, la respiration est unilatérale, mais l'animal ne présente aucun autre symptôme; pas de flexion de la colonne, pas d'hypéresthésie à droite, sensibilité normale des deux côtés.

Le 5, l'animal va bien; l'hémiplégie respiratoire persiste, aussi marquée que le jour de l'opération.

7 août 1888. Cinq semaines après l'opération, les phénomènes respiratoires ne se sont pas modifiés; on examine ce rat dans une éthérisation profonde, après avoir mis à découvert les côtes et le diaphragme; les côtes gauches seules s'élèvent dans l'inspiration, tandis que la paroi thoracique latérale droite est attirée vers la ligne médiane; à chaque inspiration, la moitié gauche du diaphragme se contracte seule. L'hémiplégie respiratoire est donc aussi évidente que possible et ne fait place à quelques mouvements respiratoires bilatéraux que dans l'agonie.

Autopsie : Section du cordon antéro-latéral droit et de la plus grande partie de la substance grise du même côté; il ne reste de cette moitié de la moelle, au niveau de la lésion, qu'une petite partie de la corne postérieure et les trois quarts du cordon postérieur.

Chez ce rat et chez le précédent nous avions cherché à conserver du côté de l'hémisection une partie de la substance grise, afin de ne pas compromettre trop gravement la circulation de la moelle; c'est probablement à cette précaution que nous devons d'avoir pu conserver ces animaux aussi longtemps, et dans les expériences ultérieures, introduisant notre instrument dans la partie dorsale de la moelle, un peu en dehors de la ligne médiane, nous avons obtenu chez les lapins aussi une survie plus longue. Nous ne savons pas, d'ailleurs, s'il est nécessaire de détruire tout le cordon latéral,

comme nous l'avons fait le plus souvent, mais nous croyons avoir remarqué que la section totale du cordon antérieur est absolument indispensable, si l'on veut obtenir une hémiplégie respiratoire complète.

Exp. n° 42. Rat albinos adulte.

4 juillet 1888. A 10 heures, hémisection de la moelle cervicale à droite. Avant le réveil de l'animal, nous constatons que la respiration unilatérale caractéristique est accompagée de l'immobilité de la narine droite. Ce phénomène, que nous n'avions jamais encore observé, disparaît à mesure que l'excitabilité réflexe se rétablit, et 15 minutes après l'opération, les deux narines ont repris leurs mouvements actifs, tandis que le thorax droit ne respire pas. Faible nystagmus horizontal. Il n'y a pas d'hypéresthésie de la moitié droite du corps, et il est probable que les cordons postérieurs n'ont pas été lésés.

A 10 h. 30 m., le rat court droit devant lui.

Le 5, hypérémie de l'œil droit; état général très satisfaisant.

Le 9, l'œil est guéri. On éthérise profondément l'animal, on découvre largement les côtes et le diaphragme et on voit très nettement l'hémiplégie respiratoire du tronc que nous avons décrite dans les expériences précédentes.

Autopsie : Le cordon antéro-latéral droit est sectionné dans sa totalité au niveau de la deuxième vertèbre. Faible hémorragie de la dure-mère à la surface ventrale du bulbe et de la protubérance.

Exp. n° 44. Cobaye mâle adulte.

14 août 1888. Section de la moitié latérale droite de la moelle cervicale. Quelques minutes après l'opération, on constate une faible hypéresthésie du côté droit; l'hémiplégie respiratoire paraît exister, mais il est impossible d'en acquérir la certitude absolue avant d'avoir découvert les muscles respiratoires. Mouvements des narines des deux côtés. Torsion du rachis vers le côté sain; l'animal se tient toute la journée couché sur le flanc gauche; il mange.

Le 16, l'animal est malade, on le sacrifie. Dans une narcose profonde on met les côtes à découvert, on sectionne les muscles abdominaux à leurs insertions thoraciques et on voit que la respiration du tronc est très nettement unilatérale. Au bout de 15 minutes, l'animal refroidi et agonisant fait quelques inspirations profondes

auxquelles les muscles respiratoires droits apportent un faible concours, mais les dernières respirations sont de nouveau exécutées uniquement par le thorax gauche et la moitié gauche du diaphragme.

Autopsie. Section totale du cordon latéral droit. Il reste une très petite partie ventrale du cordon antérieur du même côté. Les cordons postérieurs ont été légèrement effleurés à droite.

Exp. nº 45. Jeune chat, 4 mois.

14 août 1888. Section du cordon antéro-latéral droit au niveau de l'espace occipito-atloïdien. L'hémorragie n'est pas très abondante. Déjà avant le réveil de l'animal on peut se convaincre que la paroi thoracique droite ne fait aucun mouvement respiratoire actif. On examine ce petit chat, très docile, plusieurs fois encore durant la journée et il est évident que les mêmes symptômes persistent.

Le 15. Éthérisation. On met à découvert les côtes et le diaphragme; l'hémiplégie respiratoire est aussi marquée que possible; nous l'observons pendant environ quinze minutes consécutives, sans y voir survenir aucune modification; puis nous ouvrons la cavité thoracique et pour tuer assez rapidement l'animal nous sectionnons le nerf phrénique gauche; dans l'agonie, qui commence aussitôt, il y a plusieurs profondes inspirations bilatérales. Après la mort nous constatons, comme toujours, de nombreux mouvements fasciculaires du diaphragme et des muscles thoraciques et abdominaux.

Autopsie. Le cordon antérieur droit est complètement sectionné; il reste à la partie la plus externe du cordon latéral un petit pont de substance blanche auquel est accolé le nerf spinal droit.

Exp. nº 50. Jeune cobaye femelle.

Même expérience que la précédente, mais en pratiquant l'hémisection, à droite, le 16 août 1888, on cherche à épargner les cordons postérieurs et une partie de la substance grise; on introduit le ténotome dans le sillon postéro-latéral en le dirigeant obliquement de dehors en dedans et dans la direction de la partie ventrale de la moelle, de façon à couper tout le cordon latéral.

L'animal est sacrifié le dixième jour, en parfaite santé. On constate une hémiplégie respiratoire bien marquée, avec traction de la paroi thoracique droite en bas et vers le côté gauche à chaque inspiration et faible soulèvement de bas en haut au

commencement de l'expiration. On ouvre ensuite la cavité abdominale et on voit également l'hémiplégie caractéristique du diaphragme, qui en se contractant tire le centre tendineux vers le côté sain.

L'autopsie montre une hémisection médullaire bien réussie.

Exp. n° 51. 20 septembre 1888. Chien adulte, très maigre.

Hémisection à droite au niveau de la deuxième vertèbre. Immédiatement après l'opération, la moitié droite du thorax paraît être complètement paralysée et les changements de forme de l'abdomen pendant les mouvements respiratoires permettent de supposer que la moitié gauche du diaphragme se contracte seule à l'inspiration. L'animal reste couché sur le flanc droit. Il n'y a pas d'hypéresthésie appréciable à droite.

Le 21, mêmes symptômes.

Le 22, le chien va bien, mange et n'est plus toujours couché sur le flanc. L'hémiplégie respiratoire n'est pas améliorée.

Le 28, on prend le tracé de la fig. 11 et on sacrifice l'animal pour une autre expérience. (Ce tracé est défectueux, ainsi que nous l'avons déjà dit).

Autopsie. Le cordon antéro-latéral droit était sectionné dans sa totalité.

Exp. n° 52. Jeune lapin de sept mois.

21 septembre 1888. Section de la moitié latérale droite de la moelle, à l'exception des cordons postérieurs. Forte hémorragie. Immédiatement après l'opération l'hémiplégie respiratoire est très visible; même au travers de la peau, on distingue les mouvements inégaux des deux moitiés de la cage thoracique. Pas d'hypéresthésie à droite. Pas de torsion du rachis. On voit les mouvements respiratoires des narines à droite aussi bien qu'à gauche.

Le 22, l'animal va bien; il mange; la respiration unilatérale est moins visible qu'hier, parce que les mouvements des côtes sont moins énergiques; la pupille droite est rétrécie, mais il n'y a pas d'hyperémie de la conjonctive.

Le 29, l'animal fournit le tracé de la fig. 12 (défectueux).

Le 30, à 9 h. 30 m., on découvre les côtes et on obtient le tracé de la fig. 13. A 10 h., on sectionne rapidement les muscles abdominaux droit et obliques, on constate

que la moitié gauche du diaphragme se contracte seule, puis on tue l'animal par une insufflation d'air dans la veine jugulaire gauche.

Autopsie. Hémisection bien réussie.

Exp. n° 53. 2 novembre 1888. Cobaye adulte.

Hémisection à droite, rendue difficile par une hémorragie assez abondante qui ne permet pas de distinguer nettement le champ opératoire. Après l'opération, les mouvements respiratoires des narines sont conservés des deux côtés, la respiration du tronc semble être unilatérale; hypéresthésie du côté droit. Pendant plusieurs heures l'animal reste couché sur le flanc gauche, mais il mange.

Le 3, manège de droite à gauche, résultant d'une torsion de la colonne dorsale à convexité droite. Hypéresthésie généralisée. L'animal est abattu et mange très peu.

Le 5, l'animal est couché sur le flanc gauche; il présente par moments une rotation sur son axe, de gauche à droite; on le sacrifie. Pendant la narcose, on obtient le

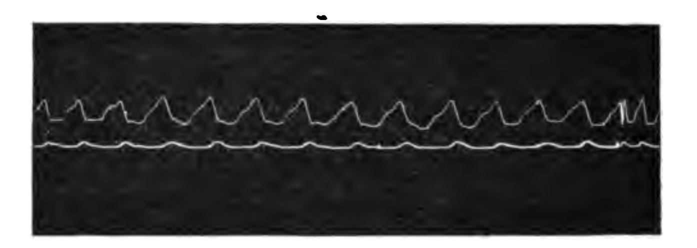


Fig. 14.

tracé de la fig. 14, qui n'est pas des mieux réussis, mais qui, malgré la petitesse de l'animal et le peu d'amplitude des oscillations des leviers, montre assez bien l'inégalité, ou plutôt l'alternance des mouvements des côtes à gauche et à droite. (Les pointes des deux leviers ne se trouvaient pas exactement superposées, notre dispositif expérimental manquant de stabilité. Un signe d'arrêt indique les rapports exacts.) On ouvre ensuite la cavité abdominale et on constate l'hémiplégie caractéristique du diaphragme, avec traction du centre tendineux vers le côté sain.

A l'*autopsie*, on trouve une hémisection plus que complète, une petite partie du cordon postérieur gauche ayant été sectionnée, avec toute la moitié droite de la moelle, environ deux millimètres en arrière du bec du calamus.

Exp. n° 54. Cobaye adulte.

6 novembre 1888. Section du cordon antéro-latéral droit au niveau du bec du calamus; hémorragie très modérée; suites de l'opération très favorables.

Le 13, l'animal va bien; on l'éthérise; après avoir découvert les côtes, on constate

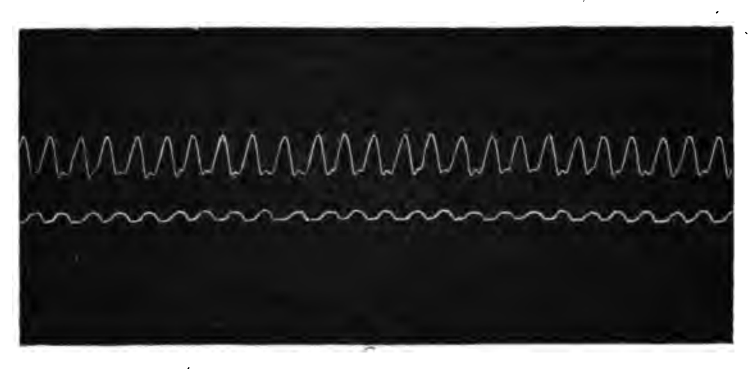


Fig. 15.

une hémiplégie respiratoire absolument typique et on prend le tracé de la fig. 15 qui montre très bien le soulèvement des côtes au moment de l'expiration.

L'*autopsie* montre une section totale du cordon antéro-latéral droit avec conservation de la plus grande partie des cordons et de la corne postérieurs.

Exp. n° 55. Lapin adulte.

15 novembre 1888. Hémisection de la moelle (côté droit) au niveau de la deuxième vertèbre.

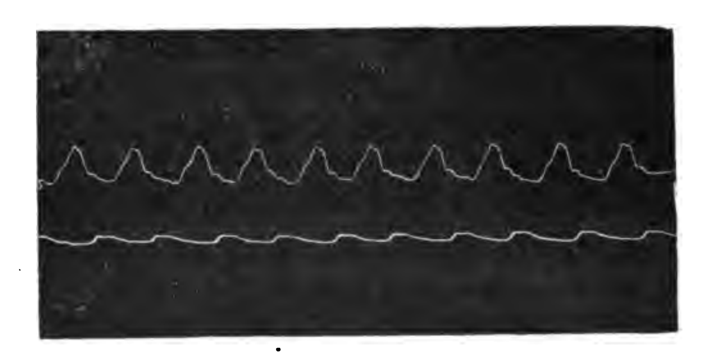


Fig. 16.

Le 16, l'animal présente un peu d'hypéresthésie à droite; la patte antérieure droite

se fléchit dans les mouvements de locomotion ; il y a une faible déviation du rachis à concavité latérale gauche.

Le 17, la locomotion est normale.

15 janvier 1889. L'animal est sacrifié. Dans une narcose profonde, il présente tous les symptômes d'une hémiplégie respiratoire bien accentuée. Il fournit le tracé de la fig. 16; sur la ligne inférieure, on remarque un faible soulèvement au commencement de chaque expiration (mouvement passif des côtes droites sous l'influence de puissantes contractions des muscles abdominaux). La moitié gauche du diaphragme se contracte seule, et ce n'est que dans les dernières inspirations que l'on constate des mouvements actifs des muscles respiratoires du côté droit.

Autopsie. Hémisection bien réussie.

Exp. n° 56. 18 décembre 1888. Chien d'arrêt presque adulte.

Section du cordon latéral gauche au niveau de l'axis. Après l'opération, les côtes droites se meuvent seules, les côtes gauches restent immobiles.

21 décembre. Les phénomènes sont les mêmes : l'hémiplégie respiratoire est évidente ; malheureusement l'animal doit être utilisé ponr une autre expérience et nous ne pouvons que constater à l'autopsie une section complète du cordon latéral gauche.

Exp. n° 57. Jeune lapin de 3 mois.

18 février 1889. Section du cordon latéral droit au niveau de la deuxième vertèbre, dont on a enlevé l'arc postérieur. Tout de suite après l'opération, on voit assez nettement une respiration unilatérale et on constate la suppression des mouvements des narines à droite. L'animal réveillé ne présente aucun autre symptôme ; pas de torsion de la colonne, pas de trouble de locomotion, pas d'hypéresthésie du côté de la lésion. Au bout de 20 minutes, les mouvements respiratoires des narines se montrent des deux côtés, mais les côtes droites restent immobiles.

Du 19 février au 14 mars, on observe souvent ce petit lapin, dont le poids augmente normalement et qui continue de respirer inégalement ; si on le poursuit quelques instants, sa respiration devient très fréquente et on voit se produire une légère cyanose ; une fois, il tombe sur le côté gauche, en proie à une violente dyspnée, qui disparaît au bout de quelques minutes.

Le 14 mars, on l'éthérise, on met à découvert les côtes, les muscles intercostaux et le diaphragme et on observe, durant environ 10 minutes, une hémiplégie respiratoire bien caractérisée. On prend le tracé de la fig. 17 et on pratique ensuite rapidement la section de la moitié latérale gauche de la moelle au niveau du bec du calamus; l'animal fait encore quelques mouvements dyspnéiques des narines et de la bouche, mais il ne survient pas une seule contraction des muscles respiratoires du tronc.

Les deux lésions ont été examinées sur la moelle durcie. Le cordon antéro-latéral

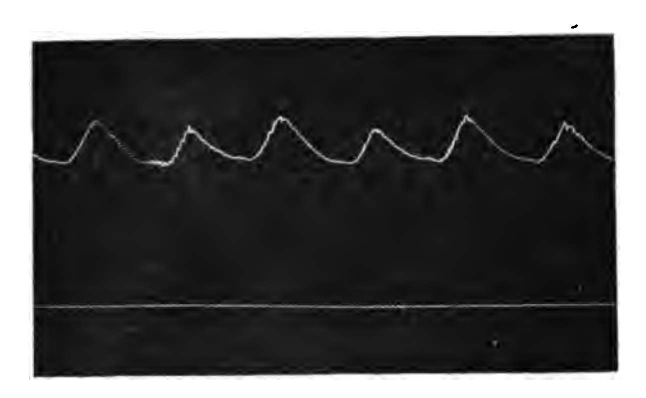


Fig. 17.

droit a été sectionné dans sa totalité environ 3 millimètres en arrière du bec du calamus; la seconde hémisection, juste au niveau de la pointe du V, a été plus que complète; elle intéresse les cordons postérieurs droits, la corne postérieure et, dans la partie dorsale et médiane du cordon latéral, à peu près la moitié du faisceau pyramidal croisé.

Exp. n° 58. 22 février 1889. Rat albinos.

Section de la moitié latérale droite de la moelle au niveau du bec du calamus.

1er mars. On éthérise l'animal, qui a présenté depuis l'opération tous les symptômes d'une hémiplégie respiratoire permanente; on découvre la cage thoracique et on constate d'abord que, dans l'inspiration, les côtes gauches seules sont mises en mouvement par des contractions énergiques de leurs muscles élévateurs, tandis que les côtes droites sont complètement immobiles ou n'offrent que quelques faibles mouvements passifs. Après le réveil de l'animal, même phénomène. On l'éthérise une

seconde fois pour ouvrir la cavité abdominale et on observe aussi l'hémiplégie du diaphragme décrite dans les pages précédentes.

L'*autopsie* montre une hémisection médullaire bien réussie.

Exp. n° 59. Rat albinos.

Opéré le même jour que celui de l'expérience n° 58; a vécu plus d'un mois avec une hémiplégie respiratoire non douteuse, confirmée par l'examen définitif pratiqué le 25 mars. Le cordon antéro-latéral droit avait été sectionné dans sa totalité.

Exp. n° 60. 22 avril 1889. Jeune lapin de 5 mois.

Hémisection à droite, rendue difficile par une hémorragie veineuse modérée, mais continue, qui ne permettait pas de voir nettement la moelle. Après l'opération, ron-

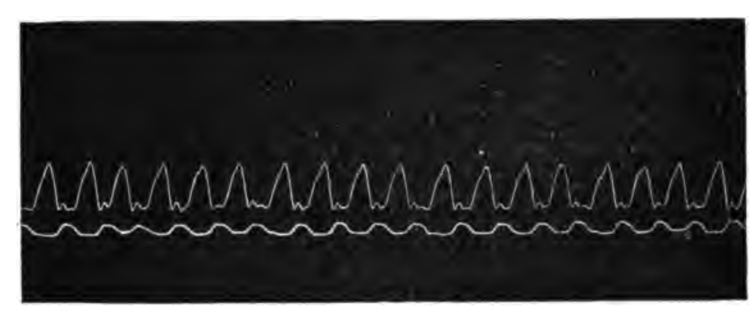


Fig. 18.

flement analogue à celui que l'on observe souvent à la suite de la section d'un nerf récurrent; il est impossible de voir si la respiration est unilatérale; il y a des mouvements respiratoires des narines des deux côtés; forte hypéresthésie des pattes droites; déviation latérale du rachis à convexité droite; quelques mouvements de manège de droite à gauche; l'extrémité antérieure droite semble être paralysée, la postérieure se meut avec difficulté.

Le 23, on trouve l'animal couché sur le flanc droit; sa respiration est très fréquente, il ne mange pas. On l'éthérise et on le fixe sur l'appareil de Czermak pour observer les mouvements des muscles respiratoires du tronc mis à nu. Avant et après le réveil du lapin, les côtes gauches s'élèvent et s'abaissent normalement; les côtes droites, immobiles pendant l'inspiration, sont faiblement poussées en haut dans l'expiration, comme le montre la fig. 18; la moitié droite du diaphragme est abso-

lument passive, On endort l'animal une seconde fois, on enlève l'arc postérieur de l'atlas et on pratique une hémisection de la moelle à gauche; l'animal fait quelques mouvements dyspnéiques du tronc et de la tête et meurt.

Autopsie : Section totale de la moitié droite de la moelle, ainsi que d'une petite partie des cordons postérieurs gauches. Cette lésion, plus étendue que nous ne l'avions voulu, se trouve exactement au niveau du bec du calamus. Deuxième hémisection bien réussie à gauche, environ 3 millimètres en arrière de la première.

Exp. n° 62. Lapin adulte.

Opéré, comme le précédent, le 27 avril 1889.

Le 30, nous mettons à nu les côtes et les muscles intercostaux, nous observons



Fig. 19.

une hémiplégie respiratoire très évidente et nous nous servons de l'animal pour une autre expérience.

A l'*autopsie* on note une hémisection complète; le cordon postérieur droit a été divisé avec toute la moitié latérale droite de la moelle, fig. 19.

Exp. n° 71. Jeune lapin, environ 3 mois.

20 mai 1889. Section de la moitié latérale droite de la moelle au niveau de la deuxième vertèbre. On introduit la pointe du ténotome dans le sillon postéro-latéral,

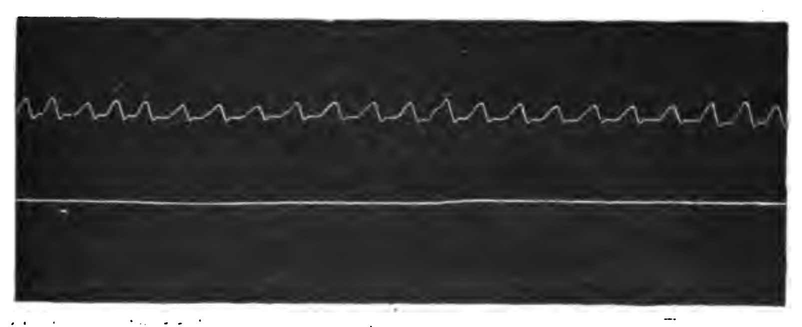


Fig. 20.

la lame tournée en dehors, et on enfonce l'instrument en le dirigeant tout à la fois vers la ligne médiane et vers là portion ventrale de la moelle.

Le 21, l'animal va bien.

Le 27, on met les côtes à nu et on s'assure que la respiration est unilatérale, comme le montre le tracé de la fig. 20.

L'*autopsie* montre une section complète du cordon antéro-latéral droit.

Exp. n° 73. Jeune lapin de la même portée que celui qui a servi pour l'expérience 71.

28 mai 1889. Hémisection à droite, comme dans les expériences précédentes.

Le 30, l'animal ne mange pas, on le trouve couché sur le flanc droit; on découvre les côtes et on constate une hémiplégie respiratoire typique. Les côtes droites sont souvent absolument immobiles, parfois faiblement poussées en haut dans des expira-

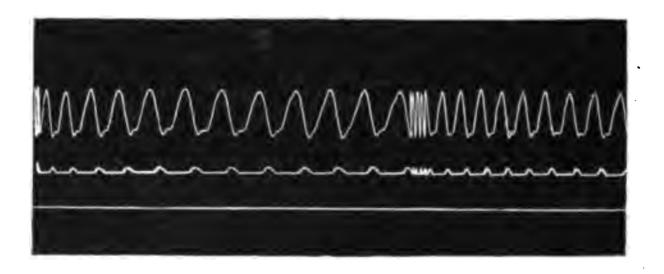


Fig. 21.

tions actives énergiques produites par la contraction des muscles expirateurs du côté opposé à la lésion. Le tracé de la fig. 21 reproduit bien le repos et les faibles mouvements passifs de la paroi thoracique du côté lésé.

La cavité abdominale ouverte, on observe jusqu'au commencement de l'agonie, l'immobilité de la moitié droite du diaphragme.

Autopsie : Hémisection bien réussie. Caillot sanguin recouvrant toute la surface ventrale de la moelle cervicale et du bulbe jusqu'à la protubérance, mais n'ayant pas produit une compression appréciable à la vue.

Exp. n° 106. Grand chien de garde adulte.

23 septembre 1889. Hémisection médullaire à droite au niveau de la première vertèbre. Immédiatement après l'opération, il y a un arrêt momentané de la respi-

ration, puis, lorsqu'elle est rétablie, on constate que les muscles élévateurs des côtes droites ne jouent plus aucun rôle dans les phénomènes mécaniques de la respiration; à chaque inspiration, la paroi thoracique droite est faiblement soulevée en masse et éloignée de la ligne médiane par l'entrée de l'air dans le poumon, due aux mouvements actifs des muscles respiratoires de la moitié gauche du tronc, mais les côtes droites restent immobiles.

Le 24, l'hémiplégie respiratoire n'offre aucun changement; après avoir chloroformé l'animal, on dénude les côtes à droite et à gauche et on coupe les deux nerfs pneumogastriques au niveau du premier anneau de la trachée. La respiration n'est pas modifiée sensiblement par cette opération; d'abord un peu ralentie, elle reprend bientôt sa fréquence primitive et reste constamment unilatérale; l'immobilité absolue des côtes droites persiste dans la narcose et après le réveil. On pratique enfin une large fenêtre à la paroi thoracique gauche; le pneumo-thorax comprimant alors de plus en plus le poumon, les efforts du diaphragme augmentent et le soulèvement passif de la paroi thoracique droite est un peu plus marqué, mais jusqu'à la mort de l'animal on observe l'inactivité complète de l'appareil respiratoire du côté droit.

Autopsie : L'instrument, entré au bord externe du cordon de Goll droit, est ressorti très près du sillon longitudinal antérieur et a sectionné toute la portion de la moelle située en dehors de ces deux points. L'hémisection était donc à peu près complète; elle se trouvait environ 9 millimètres en arrière du bec du calamus.

Ces expériences démontrent très nettement que les muscles respiratoires du tronc, lorsqu'ils ne sont plus en communication avec le bulbe, sont inactifs dans la respiration normale, c'est-à-dire aussi longtemps que les centres respiratoires ne reçoivent que des excitations physiologiques.

Sur ce point nous sommes convaincu, et longtemps nous n'avons pas compris comment des expérimentateurs distingués ont pu être amenés à nier ce qui nous paraît, à nous, de la dernière évidence.

Brown-Séquard affirme qu'on peut sectionner complètement une moitié latérale de la moelle, entre la première et la deuxième vertèbre, sans modifier en quoi que ce soit les mouvements respiratoires du côté correspondant à la section. Cet éminent physiologiste a même dit autre-

fois que, du côté de l'opération, les mouvements présentent une amplitude plus considérable[1].

Langendorff admet que l'hémiplégie respiratoire n'est que temporaire et due au choc, c'est-à-dire à la cessation de l'automatisme des centres spinaux; il déclare que, lorsque la substance grise a repris son activité, au bout de deux à six heures, ou plus tard encore, la respiration redevient bilatérale.

Knoll[2] n'a jamais vu, après l'hémisection de la moelle à la pointe du calamus, une hémiplégie respiratoire complète : « les tracés obtenus dans ces conditions révèlent, il est vrai, dans tous les cas, un affaiblissement de la respiration du côté de la lésion, mais ils affirment non moins nettement sa persistance » (loc. cit. 1888, p. 169).

Nous ne prétendons pas que ces auteurs ont dans tous les cas mal observé les symptômes caractéristiques de l'hémisection de la moelle cervicale, mais nous pensons que nos longues et laborieuses recherches nous autorisent à émettre une hypothèse qui concilie des opinions en apparence contradictoires.

Nombreuses sont d'ailleurs les sources d'erreur dans l'examen de l'hémiplégie respiratoire. Répétons avant tout qu'il est très difficile de bien voir les mouvements respiratoires du tronc, lorsque les organes actifs et passifs de ces mouvements ne sont pas mis à nu. Nous y avons renoncé, si ce n'est chez quelques chiens très maigres et chez les rats, qui sont sous tous les rapports des sujets précieux pour ce genre de recherches. Knoll a évidemment éprouvé les mêmes difficultés que nous; il a aussi dénudé les côtes; il a observé les mouvements du diaphragme, chez les jeunes lapins, à travers les muscles intercostaux, chez les sujets adultes ou vieux, à travers la plèvre mise à découvert par la résection d'une portion des masses musculaires dans les quatrième, cinquième et sixième espaces intercostaux.

[1] *Archiv. de phys. normale,* 1869, vol. II, p. 299.

[2] Beiträge zur Lehre v. d. Athmungsinnervation. Plusieurs communications in Sitzungsberichte d. k. Akademie d. Wissenschaften in Wien, 1883, 1885-1888.

Mais ce n'est pas tout. Les parties une fois à découvert, il faut encore se rendre compte exactement de la nature des mouvements que l'on y remarque. Et ici nous devons placer une remarque préalable. Knoll prétend (loc. cit. 1888, p. 175) que la narcose peut à elle seule déterminer l'hémiplégie respiratoire; nous ne l'avons jamais vu; toutefois, pour nous mettre à l'abri de toute critique à cet égard, nous n'avons pris nos tracés que sur l'animal bien réveillé, répondant par des réflexes aux plus faibles excitations; les mouvements respiratoires inscrits alors étaient d'ailleurs absolument semblables à ceux que nous venions d'étudier dans l'éthérisation; et si nous avons le plus souvent examiné nos rats seulement dans la narcose, nous les avons aussi plusieurs fois fixés sur un appareil ad hoc pour poursuivre l'observation après leur réveil.

Il est certain que, dans l'inspiration, la paroi thoracique du côté correspondant à la lésion n'est pas complètement immobile; que la partie antérieure des côtes s'élève avec le sternum auquel elles s'insèrent; et que la moitié du diaphragme que nous considérons comme inactive suit dans une certaine mesure les mouvements de l'autre moitié. Mais pour nous tous ces mouvements sont absolument passifs, car nous avons constaté :

1° qu'à une certaine distance du sternum, dans la ligne axillaire et plus en arrière, les côtes du côté lésé ne sont nullement soulevées dans l'inspiration, mais faiblement entraînées vers la ligne médiane, et que ce n'est qu'au commencement d'expirations *actives* que la paroi thoracique du même côté montre parfois un faible soulèvement, qui s'explique d'ailleurs sans difficulté;

2° que les contractions du diaphragme sont bien manifestement unilatérales et que par ces contractions, comme nous l'avons dit, le centre tendineux est tiré vers la moitié active de ce muscle;

3° enfin que, dans un très grand nombre de cas, non seulement les côtes de la paroi thoracique inactive ne s'élèvent pas dans l'inspiration, mais elles s'abaissent au contraire et les deux moitiés du thorax semblent agir alternativement.

C'est ce que démontrent les tracés des fig. 22, 23 et 24, par exemple, sur lesquels plusieurs arrêts avec reprise de la marche du cylindre enregistreur rendent l'alternance très visible.

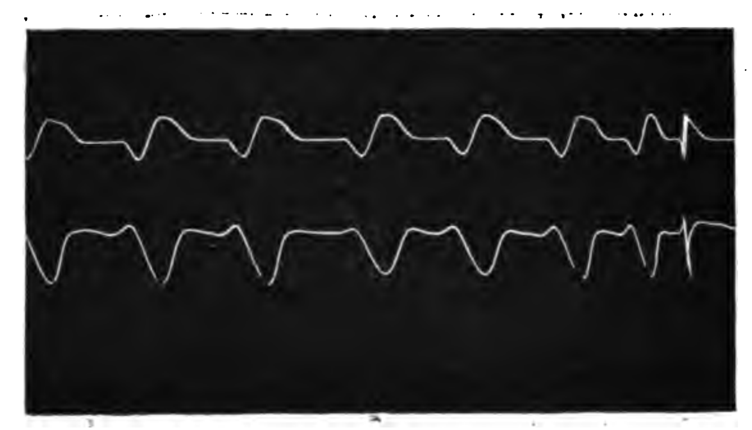


Fig. 22.

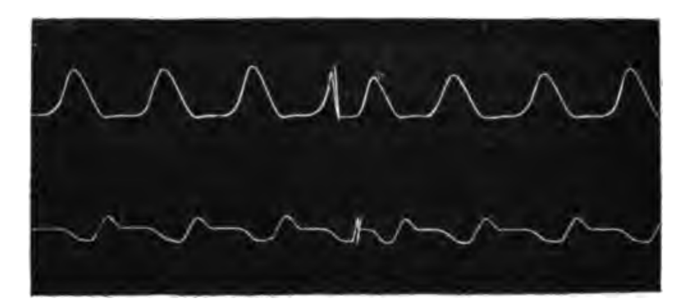


Fig. 23.

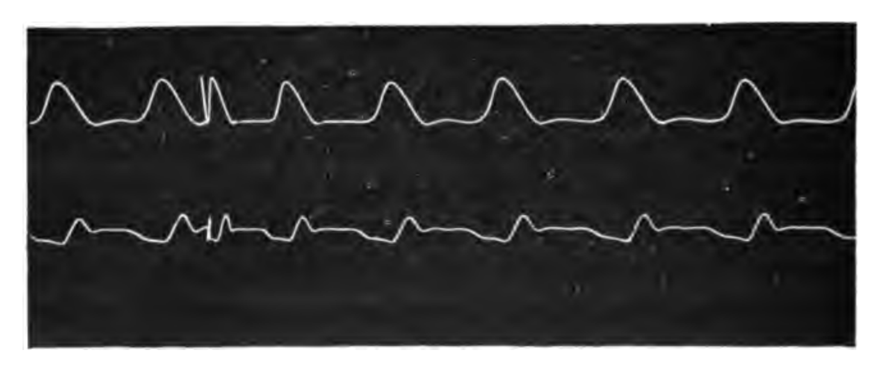


Fig. 24.

Ce phénomène ne révèle-t-il pas une passivité absolue des mouvements du thorax du côté de l'hémisection médullaire? Le retrait de la paroi thoracique inactive, au moment où l'autre côté fait un mouvement d'inspiration, est dû évidemment à la pression de l'air extérieur. Quand c'est le côté gauche seul qui respire, la pression négative augmentant, pendant toute la durée de l'inspiration, dans la moitié gauche de la cavité thoracique, la paroi thoracique latérale droite s'affaisse, les côtes droites s'abaissent et leurs muscles intercostaux offrent une concavité externe bien marquée. Si nous pratiquons alors une petite fenêtre à gauche, la paroi thoracique droite devient immédiatement immobile, comme nous l'avons établi par les expériences suivantes.

Exp. n° 75. 3 juin 1889. Lapin adulte.

Hémisection médullaire à droite, au niveau de la première vertèbre. Hémiplégie respiratoire bien accentuée.

Le 5, l'animal éthérisé est couché sur le dos et fixé dans cette position sur l'appareil de Czermak. On met à nu les côtes et les muscles intercostaux et on observe longuement et attentivement les mouvements respiratoires; l'amplitude de ces mouvements est irrégulière; dans les inspirations modérées, les côtes gauches obéissent à la contraction normale de leurs muscles élévateurs et les côtes droites restent immobiles; dans les plus fortes inspirations, on voit survenir un changement notable : vers la fin, parfois déjà au milieu de l'inspiration, lorsque la moitié gauche du thorax s'est élargie jusqu'à un certain degré, la paroi thoracique opposée s'affaisse très sensiblement, les côtes droites sont portées en dedans et, par conséquent, abaissées dans leurs convexités; pendant l'expiration les côtes gauches s'abaissent, les côtes droites s'*élèvent* et la cage thoracique tout entière redevient ainsi symétrique. Ces mouvements passifs donnent à la respiration une physionomie étrange, il semble que les deux moitiés du thorax respirent alternativement. L'immobilité des côtes droites et leurs mouvements inverses se succèdent à intervalles inégaux; c'est, évidemment, quand l'animal inspire le plus profondément que toute la paroi thoracique inactive est comme entraînée vers celle qui se meut énergiquement. Nous supposons que la pression de l'air extérieur est le seul agent de ce phénomène et pour en obtenir la preuve nous pratiquons à la paroi thoracique gauche une fenêtre d'environ 2 millimètres de côté.

Dans ces conditions la négativité de la pression intra-thoracique étant abolie, nous constatons, comme nous l'avions prévu, que même dans les inspirations les plus profondes, les côtes droites restent immobiles ou plutôt ne sont que faiblement entraînées, dans leur partie antérieure, avec le sternum. Mais quand nous appliquons la pulpe d'un doigt sur l'ouverture du thorax, de façon à la fermer hermétiquement[1], nous voyons immédiatement se présenter les mouvements alternatifs dont nous venons de parler. Nous répétons plus de dix fois cette expérience, toujours avec le même résultat. Enfin, le lapin est complètement abandonné à lui-même, le pneumothorax artificiel ramène peu à peu le poumon gauche à l'état fœtal et l'animal meurt au bout de 25 minutes après avoir présenté les phénomènes caractéristiques de la dyspnée, que nous décrirons plus loin.

L'hémisection est vérifiée par l'*autopsie*. Elle est complète.

Exp. n° 81. 22 juin 1889. Lapin adulte.

L'animal, sur lequel nous avons pratiqué hier une hémisection médullaire à droite par le procédé ordinaire, présente aujourd'hui le type respiratoire alternant. Nous nous en servons pour une expérience analogue à celle que nous venons de rapporter et qui réussit aussi bien. Par l'ouverture du thorax gauche, les mouvements passifs inverses de la paroi thoracique droite sont suspendus; dès que nous posons le doigt sur la fenêtre, ils se présentent de nouveau; si nous l'éloignons, les côtes restent immobiles.

L'*autopsie* révèle une section complète du cordon latéral droit.

Exp. n° 81. 26 juin 1889. Jeune lapin d'environ 6 mois.

A 8 h., section du cordon antéro-latéral droit au niveau de la deuxième vertèbre.

Le 27, à 9 h. 30 m., l'animal est fixé sur l'appareil de Czermak et éthérisé; on découvre les côtes et les muscles intercostaux et on constate une hémiplégie respiraratoire avec immobilité aussi absolue que possible des côtes droites; après son réveil, l'animal respirant plus énergiquement, l'alternance décrite dans les expériences pré-

[1] Il eût sans doute été plus élégant d'introduire dans l'ouverture de la paroi thoracique une petite canule et d'y adapter un tube de caoutchouc muni d'un robinet, que l'on eût fermé et ouvert à volonté; nous nous permettons de rappeler que nous avons fait presque toutes nos expériences sans aucune assistance, et l'on comprendra que nous les ayons simplifiées autant que possible.

cédentes devient très manifeste : on recueille le tracé, dont nous donnons un fragment dans la fig. 25.

A 10 h., nous pratiquons une petite fenêtre à la paroi thoracique gauche et nous

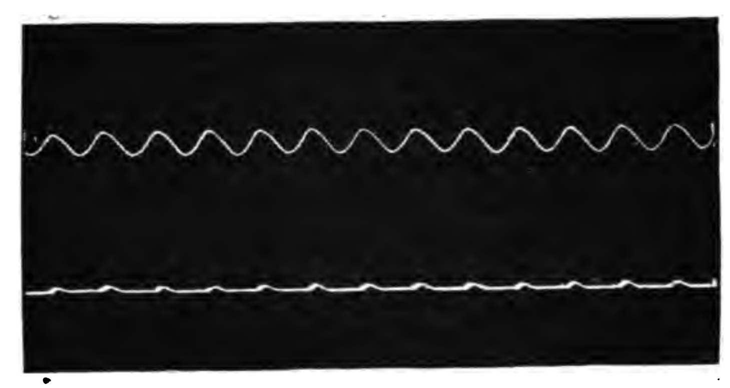


Fig. 25.

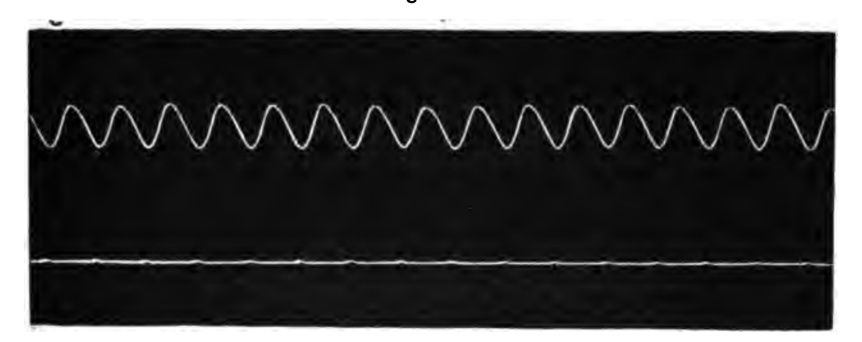


Fig. 26.

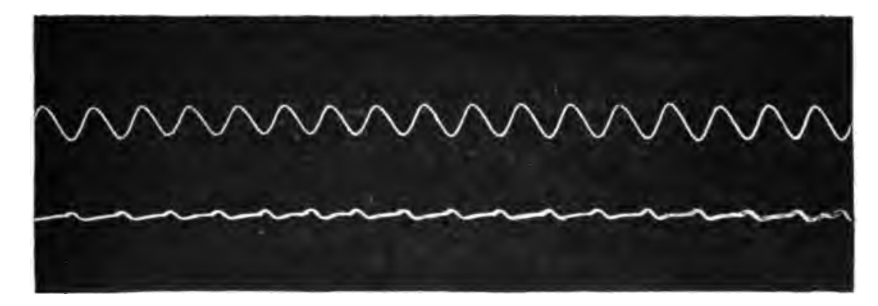


Fig. 27.

prenons rapidement le tracé de la fig. 26, dans un moment où l'animal est tranquille, puis nous tenons le doigt sur l'ouverture du thorax et nous obtenons enfin un troi-

sième tracé (fig. 27), qui offre une grande analogie avec le premier[1]. Abandonnant ensuite l'animal à lui-même, les effets de la compression du poumon gauche se font bien vite sentir, il prend des convulsions et meurt à 10 h. 12 m.

L'*autopsie* démontre que le cordon antéro-latéral droit était sectionné dans sa totalité.

Si M. Knoll avait eu l'occasion d'observer ces mouvements inverses, — qui, nous le répétons, ne sont pas rares, — il n'aurait certainement pas écrit cette phrase : « Le faible changement de volume produit par une respiration unilatérale dans la moitié de la cage thoracique qui ne respire plus ne peut pas déterminer des mouvements passifs des côtes; car si l'on affaiblit seulement la respiration artificielle entretenue chez un animal mort, on n'obtient plus aucun tracé quelconque; et si on coupe l'un des nerfs phréniques sur l'animal chloralisé ou si on suspend artificiellement la respiration d'une moitié du tronc, les côtes du côté opposé inscrivent des oscillations d'une grande amplitude, tandis que le levier mis en communication avec le côté lésé reste en repos » (loc. cit. 1888, p. 168).

Nous ne discuterons pas ici l'interprétation donnée par M. Langendorff de l'hémiplégie respiratoire, qu'il n'a produite que passagère. Nous avons donné notre opinion sur le rôle que peut jouer le choc dans les sections complètes et dans les hémisections de la moelle. Mais cet expérimentateur n'ayant jamais vu l'hémiplégie respiratoire persister au delà de quelques heures, et Brown-Séquard, Knoll et d'autres auteurs encore le niant absolument, il était urgent de rechercher les conditions dans lesquelles elle disparaît. Disons-le tout de suite, les mouvements

[1] Il eût été plus démonstratif de reproduire sur le même graphique la respiration alternante, l'hémiplégie respiratoire avec immobilité des côtes droites et le passage du premier type au second ; nous n'y sommes malheureusement pas parvenu, l'animal, très inquiet, faisant des mouvements désordonnés chaque fois que notre doigt s'approchait ou s'éloignait de l'ouverture thoracique. Il ne nous a d'ailleurs jamais été possible d'observer longtemps l'alternance des mouvements passifs des côtes du côté de l'hémisection et de leur immobilité complète, car dès que survient la dyspnée on voit se présenter la respiration bilatérale spéciale que nous décrirons dans les pages suivantes.

respiratoires actifs d'une seule moitié du tronc ne sont pas dans toutes les conditions suffisants pour les échanges gazeux dans les poumons, et ce n'est que dans l'eupnée que nous pouvons observer l'hémiplégie respiratoire; dans la dyspnée — et la dyspnée est toujours imminente après une hémisection médullaire, — nous voyons bientôt survenir quelques faibles mouvements respiratoires du côté lésé.

Nous avons examiné nos animaux longuement, souvent dans l'anesthésie, ou dans les autres cas (quelques chiens et quelques chats) après les avoir immobilisés et tranquillisés par tous les moyens, et nous nous sommes convaincu que l'hémiplégie respiratoire, que nous avons dûment constatée et enregistrée, ne se manifeste que dans l'état de repos le plus absolu possible; dès que l'animal, inquiet, se meut avec quelque vivacité, ou lorsque, sous l'influence d'une cause quelconque, il survient une dyspnée même très modérée, la respiration unilatérale devient insuffisante et le côté qui ne respirait pas auparavant apporte maintenant son faible concours.

Mais quoi? Si les muscles respiratoires qui ne sont plus en communication directe avec le bulbe peuvent, à un moment donné, fonctionner comme ceux du côté non lésé, quoique plus faiblement, nous le maintenons, ne devons-nous pas en conclure qu'il y a des centres respiratoires spinaux?

Non, les faits que nous avons observés imposent la conclusion qu'il y a, en arrière de la région où nous avons pratiqué nos sections, un entrecroisement partiel des fibres émanant du faisceau respiratoire, soit que quelques-unes d'entre elles passent dans la commissure antérieure pour aller se réunir à celles du côté opposé, soit que la décussation se fasse dans la substance grise de la moelle cervicale.

Toutes les observations suivantes tendent à établir l'existence de cet entre-croisement infra-bulbaire.

Dans une série d'expériences, nous avons étudié la respiration bilatérale spéciale à laquelle nous avons souvent fait allusion en donnant les résultats de nos premières recherches, et nous avons constaté que tout

ce qui entrave d'une façon quelconque la respiration normale peut la provoquer, qu'elle se présente toutes les fois que la dyspnée atteint un certain degré.

Exp. n° 61. 25 avril 1889. Jeune lapin.

Hémisection à droite au niveau de la pointe du V du calamus.

Le 26, après avoir mis les côtes à nu, nous observons une hémiplégie respiratoire typique, nous disséquons le nerf phrénique gauche au cou, nous l'arrachons hors du thorax[1] et nous ouvrons rapidement la cavité abdominale; la moitié gauche du diaphragme est absolument immobile; sa moitié droite respire manifestement; il y a maintenant aussi de faibles mouvements actifs des côtes droites, mais il est à remarquer que ces mouvements ne se présentent qu'à la fin de l'inspiration normale du côté sain; c'est là une inspiration bilatérale toute spéciale, qui revêt presque constamment le même caractère et que nous avons vu succéder à l'hémiplégie respiratoire résultant de l'hémisection médullaire toutes les fois qu'une cause quelconque a provoqué la dyspnée chez les animaux sur lesquels nous expérimentions. Après avoir étudié sommairement ce phénomène, nous coupons l'arc de la première vertèbre cervicale et nous divisons la moitié latérale gauche de la moelle quelques millimètres en arrière de la première section; immédiatement, toute respiration costale et abdominale cesse, il y a encore quelques mouvements dyspnéiques de la bouche, puis l'animal meurt.

L'*autopsie* montre deux hémisections complètes, l'une à droite, l'autre à gauche, éloignées de 3 millimètres.

Exp. n° 63. 3 mai 1889. Lapin adulte.

Hémisection à droite bien réussie (*autopsie*). Nous découvrons les côtes, nous constatons que les gauches ont des mouvements respiratoires normaux et que les droites sont immobiles ou faiblement tirées en bas et en dedans pendant l'inspiration. Après

[1] Nous nous sommes convaincu qu'il y a souvent chez le chien et chez le lapin (et probablement chez d'autres animaux) un filet du nerf phrénique, provenant du plexus brachial, qui peut produire quelques mouvements de la moitié correspondante du diaphragme. C'est pourquoi, dans cette expérience et dans toutes celles où nous avons pratiqué cette opération, nous avons arraché le nerf au lieu de le sectionner simplement au cou.

l'arrachement du nerf phrénique gauche, nous constatons la respiration bilatérale dyspnéique que nous venons de décrire en rapportant l'exp. 61 et que le tracé de la fig. 28 représente très exactement.

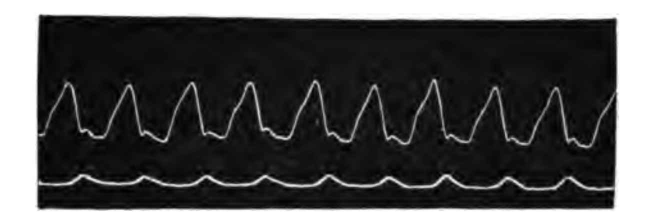


Fig. 28.

Exp. n° 64. 4 mai 1889. Lapin adulte.

Ethérisation et hémisection médullaire à droite pratiquée en plantant le petit ténotome convexe dans le sillon postéro-latéral et en le dirigeant vers la ligne médiane.

Le 5, l'animal va bien; en l'examinant avec soin, nous croyons percevoir des mouvements respiratoires des côtes gauches et une immobilité absolue des côtes droites, mais nous restons, comme toujours, dans le doute, et nous constatons une fois de plus que l'hémiplégie respiratoire ne peut pas être reconnue avec certitude sur le lapin intact.

Le 11, nous découvrons les côtes et nous ouvrons l'abdomen; la moitié droite du diaphragme ne présente aucun mouvement; les côtes droites ne participent en aucune façon aux mouvements respiratoires accomplis par la moitié gauche du tronc. Après l'arrachement du nerf phrénique gauche, nous pouvons voir une dizaine de contractions de la moitié droite du diaphragme synchrônes à de très faibles mouvements actifs des côtes droites; puis toute respiration cesse.

Autopsie : Section complète du cordon antéro-latéral droit.

Exp. n° 65. 5 mai 1889. Rat albinos.

Hémisection de la moelle cervicale à gauche, au niveau de la deuxième vertèbre.

Le 9, l'animal est malade; on l'éthérise, on découvre les côtes et on s'assure que la moitié gauche du tronc ne respire pas; après le réveil de l'animal, fixé sur un petit appareil ad hoc, on ferme les narines à l'aide d'une pince à pression continue et l'on obtient bientôt un état dyspnéique dans lequel la respiration redevient bilaté-

rale, mais un peu plus faible à gauche qu'à droite[1]; on répète cette expérience plusieurs fois, toujours avec le même résultat; enfin, nous ouvrons la cavité abdominale et nous pouvons nous convaincre que longtemps la moitié gauche du thorax est absolument inactive; ce n'est que dans l'agonie qu'il y a de nouveau une respiration bilatérale.

A l'*autopsie*, on trouve la moitié latérale gauche de la moelle complètement divisée, à l'exception d'une très petite partie du cordon postérieur.

Exp. n° 76. Jeune lapin d'environ 9 mois[2].

6 juin 1889. Section de la moitié latérale droite de la moelle, 1 millimètre en arrière du bec du calamus.

Le 10, à 9 h., l'animal est éthérisé. On découvre les côtes et l'on constate une hémiplégie respiratoire caractérisée par les mouvements inverses du côté lésé. On fait la trachéotomie, on met la canule trachéale en communication avec un soufflet, de façon à pouvoir établir la respiration artificielle et l'arrêter à volonté et on pratique ensuite une large fenêtre au thorax gauche. Immédiatement après cette opération, les mouvements passifs des côtes droites ne sont plus appréciables; elles restent d'abord immobiles, puis, le poumon gauche se trouvant de plus en plus comprimé sous l'influence de la pression atmosphérique et la dyspnée survenant, on voit bientôt se produire une faible respiration du côté lésé, que l'on fait cesser par quelques insufflations pulmonaires énergiques.

A 9 h. 45 m. 35 s., on arrête la respiration artificielle.

A 9 h. 45 m. 48 s., les mouvements actifs des côtes droites se présentent de nouveau; on reprend les insufflations et bientôt la respiration redevient unilatérale.

A 9 h. 48 m. 50 s., nouvel arrêt de la respiration artificielle.

A 9 h. 49 m. 12 s., on aperçoit quelques mouvements respiratoires actifs à droite; ils sont suspendus immédiatement par la reprise de la respiration artificielle.

A 9 h. 53 m. 12 s., arrêt de la respiration artificielle;

[1] La respiration bilatérale dyspnéique après l'hémisection de la moelle ne correspond pas exactement, chez le rat, à celle que nous avons décrite chez le lapin (exp. n° 61) et chez le chien (exp. n° 96). Chez le rat, les mouvements des côtes des deux côtés sont tout à fait synchrônes et ont assez souvent une amplitude égale.

[2] Les exp. 76, 77 et 78 ont été inspirées et dirigées spécialement par M. le prof. Schiff.

A h. 53 m. 35 s., faible respiration du thorax droit; reprise des insufflations et nouvelle apnée du côté lésé.

A 9 h. 55 m., occlusion de l'ouverture thoracique par le doigt d'un aide; on cesse les insufflations; bientôt la respiration reprend le caractère qu'elle avait au début de l'expérience et l'on voit très nettement les mouvements alternatifs des deux moitiés du thorax; on laisse alors le pneumothorax se rétablir et les côtes droites reprennent bientôt de faibles mouvements.

A 10 h., respiration artificielle jusqu'à 10 h. 2 m.; on arrête les insufflations.

A 10 h. 2 m. 25 s., faible respiration du côté droit; on détache les muscles abdominaux de leurs insertions au thorax, ouvrant ainsi largement la cavité abdominale, et on observe pendant environ 10 minutes, avec les mouvements des côtes gauches, des contractions énergiques de la moitié gauche du diaphragme, attirant dans cette direction sa moitié droite et le centre tendineux.

A 10 h. 12 m., on abandonne l'animal agonisant, présentant des contractions énergiques de tous les muscles respirateurs des deux côtés et de la totalité du diaphragme.

Autopsie : Hémisection droite complète.

Exp. n° 77. 14 juin 1889. Lapin adulte.

Hémisection à droite. Hémiplégie respiratoire bien marquée, avec alternance.

A 10 h., trachéotomie et respiration artificielle; l'alternance disparaît immédiatement.

A 10 h. 5 m., on fait une petite fenêtre à la paroi thoracique gauche.

A 10 h. 6 m., on arrête l'insufflation pulmonaire.

A 10 h. 6 m. 15 s., faibles mouvements actifs des côtes droites dans l'inspiration; on rétablit la respiration artificielle.

A 10 h. 11 m., arrêt de la respiration artificielle.

A 10 h. 11 m. 20 s., respiration bilatérale, mais plus faible à droite qu'à gauche; la respiration artificielle est rétablie.

A 10 h. 25 m., on arrête une troisième fois l'insufflation.

A 10 h. 25 m. 18 s., respiration bilatérale; on abandonne l'animal à lui-même; à mesure que la dyspnée augmente, ce que l'on reconnaît aux mouvements dédoublés des narines, on voit les côtes droites se soulever avec plus d'énergie et, en ouvrant

alors la cavité abdominale, on constate que la moitié droite du diaphragme a aussi des contractions synchrônes aux mouvements des côtes.

A 10 h. 37 m., l'animal meurt.

L'*autopsie* montre une hémisection médullaire complète environ 2 millimètres en arrière de la pointe du V.

Exp. n° 78. 15 juin 1889. Lapin adulte.

Même opération que chez le précédent. Même expérience.

A 11 h. 11 m. 20 s., l'insufflation pulmonaire est arrêtée.

A 11 h. 11 m. 42 s., il y a une respiration bilatérale; on rétablit la respiration artificielle.

A 11 h. 14 m. 15 s., insufflation arrêtée.

A 11 h. 14 m. 40 s., respiration bilatérale, qui persiste et va en se renforçant jusqu'au moment où on reprend l'insufflation, c'est-à-dire à 11 h. 15 m. 45 s.

A 11 h. 16 m. 35 s., arrêt de l'insufflation.

A 11 h. 16 m. 55 s., faibles mouvements actifs des côtes droites; on rétablit l'insufflation.

A 11 h. 20 m., arrêt de l'insufflation; occlusion hermétique de la fenêtre thoracique par la pulpe d'un doigt; la respiration se montre alors uuilatérale avec alternance; on retire le doigt, immédiatement l'alternance cesse; on ne rétablit pas la respiration artificielle; la dyspnée s'établit bientôt avec mouvements respiratoires plus ou moins symétriques jusqu'à 11 h. 35 m.; excitus.

Autopsie : Section complète du cordon antéro-latéral droit.

Exp. n° 92. Lapin adulte.

10 juillet 1889, section de la moitié latérale droite de la moelle; après l'opération, hémiplégie respiratoire du coté lésé.

Le 11, l'hémiplégie respiratoire persiste. L'animal marche sur la face dorsale de la patte antérieure droite et traîne la patte postérieure du même côté.

Le 15, mêmes troubles de la locomotion et de la respiration, du reste, l'animal va bien.

7 août. L'animal, en liberté dans la cour, galope comme un lapin normal, mais on remarque qu'il tombe parfois sur la flanc droit; lorsqu'il essaie de se dresser

sur les pattes postérieures, il incline vers la droite. Au repos, la respiration est unilatérale; elle devient bilatérale et accélérée après une série de mouvements de locomotion.

Le 10, il paraît malade, on décide de le sacrifier; on l'éthérise pour découvrir les côtes, et après avoir constaté l'absence de mouvements de la paroi thoracique droite, on pratique une ouverture du thorax à gauche; la respiration devient alors bilatérale, on constate même pendant quelques instants un asynchronisme des mouvements respiratoires, les côtes droites se soulevant *avant* les gauches[1].

A l'*autopsie*, la moitié latérale droite de la moelle cervicale, en arrière du calamus scriptorius, paraissait envahie par une tumeur sphérique de quatre millimètres de diamètre. L'examen de la pièce durcie a établi l'existence d'un caillot sanguin organisé ayant comprimé et détruit le cordon antéro-latéral droit, les cornes antérieures et postérieures de la substance grise du même côté et la plus grande partie des deux cordons postérieurs, sur une étendue correspondant au volume de la tuméfaction.

Exp. n° 96. 14 août 1889. Chien de très petite taille, adulte.

A 9 h., section de la moitié latérale droite de la moelle cervicale supérieure. Phénomènes de choc très marqués, perte totale de la sensibilité et bientôt arrêt de la respiration avec persistance des pulsations du cœur. On introduit très rapidement une canule en T dans la trachée et on établit la respiration artificielle.

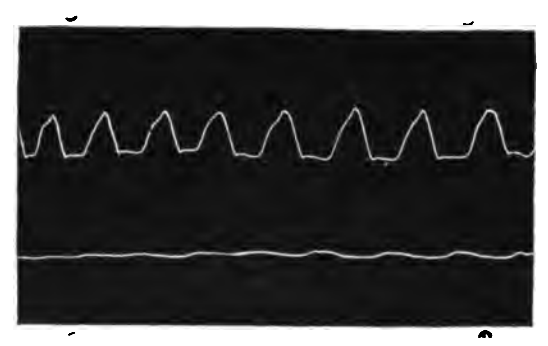


Fig. 29.

A 9 h. 11 m., premières manifestations de la sensibilité (réflexe conjonctival); il se produit des mouvements respiratoires de plus en plus énergiques dans la moitié

[1] Nous n'avons observé ce phénomène dans aucun autre cas.

gauche du thorax, même pendant que la respiration artificielle continue; la paroi thoracique droite ne montre que les mouvements passifs dus à l'insufflation pulmonaire.

A 9 h. 30 m., on cesse la respiration artificielle, on fixe solidement des fils aux parties molles adhérentes à la sixième côte à droite et à gauche et on recueille le tracé de la fig. 29, dont la ligne supérieure représente, comme dans tous nos graphiques de cette série d'expériences, les mouvements respiratoires des côtes du côté opposé à l'hémisection, tandis que la ligne inférieure montre quelques petits mouvements dont il est difficile de préciser la nature, mais parmi lesquels on distingue le faible soulèvement des côtes droites au commencement de l'expiration.

A 3 h., l'animal est en proie à une forte dyspnée; au commencement de l'inspiration active produite par les muscles inspirateurs du côté sain, une traction des côtes droites de haut en bas, puis, avant la fin de l'inspiration, une faible élévation, active aussi, des côtes droites; c'est là la respiration bilatérale spéciale qui, dans la dyspnée, succède à l'hémiplégie respiratoire; on met de nouveau le tube introduit dans la trachée en communication avec le soufflet et on rétablit la respiration artificielle; le type respiratoire se modifie bien vite, il y a encore quatre mouvements actifs des côtes droites, puis la respiration redevient bilatérale.

A 3 h. 20 m., nous cessons de nouveau la respiration artificielle et bientôt nous voyons s'établir une respiration bilatérale dyspnéique de plus en plus marquée.

A 4 h., l'animal est abandonné à lui-même.

Le lendemain, nous le trouvons mort. A l'*autopsie*, on voit que toute la moitié latérale droite de la moelle est divisée à l'exception d'une petite partie du faisceau cérébelleux direct, à laquelle adhère le nerf spinal; l'hémisection est d'ailleurs plus que complète, intéressant aussi les cordons postérieurs et une petite partie de la corne postérieure gauches. L'étendue de la lésion explique la gravité des symptômes qui l'ont suivie; elle se trouve environ deux millimètres en arrière du bec du calamus.

Exp. n° 97. Chien de taille moyenne, adulte.

Le 17 août 1889, nous mettons à nu la membrane occipito-atloïdienne, nous ouvrons le canal rachidien et nous pratiquons l'hémisection médullaire à droite; nous introduisons notre instrument dans le sillon postéro-latéral environ deux millimètres en arrière de la pointe du calamus et en le poussant dans la direction de la ligne médiane jusque dans la région la plus ventrale de la moelle. Après l'opération, nous

traitons la plaie avec toutes les précautions antiseptiques recommandées et nous suturons la peau. La palpation du thorax nous permet d'admettre avec certitude que les côtes droites sont absolument immobiles dans les mouvements d'inspiration. Il n'y a pas de dyspnée.

Le 19, l'animal va relativement bien ; nous le fixons sur la table d'opérations, nous faisons à la paroi thoracique antérieure deux incisions longitudinales à environ quatre centimètres des deux bords du sternum, nous fixons des fils à la sixième côte à droite et à gauche et nous recueillons le tracé de la fig. 30[1].

Le 21, l'animal est en bonne voie de guérison. Par la palpation du thorax, on

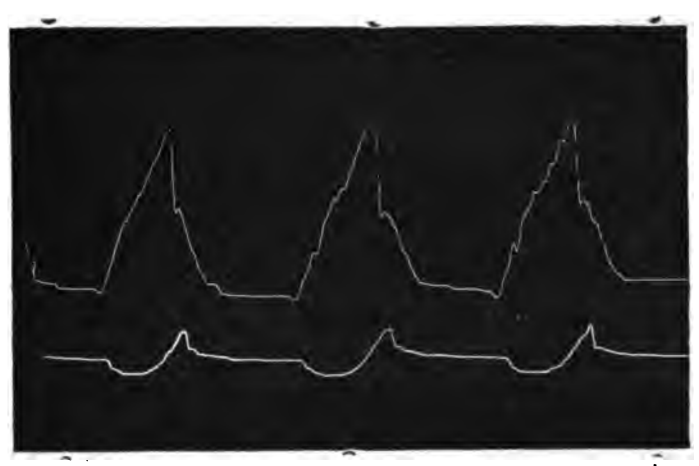


Fig. 30.

peut se convaincre que les côtes droites sont immobiles dans les mouvements de la respiration.

Le 25, l'animal est en parfait état de santé. Mêmes phénomènes respiratoires.

2 septembre. La respiration s'est maintenue unilatérale. L'animal se comporte d'ailleurs comme un animal parfaitement sain, mais on constate la perte de la sensi-

[1] Nous n'avons pas pu utiliser, pour inscrire les grands mouvements respiratoires du chien, le petit dispositif dont nous nous étions servi pour les autres tracés. Nous avons dû remplacer les myographes de Helmholz par deux paires de tambours récepteurs et inscripteurs, actionnés également par des fils fixés aux côtes de l'animal et qui reproduisaient leurs excursions sans les agrandir. Les tambours récepteurs (tambours à levier ordinaires) étaient placés verticalement et les fils tiraient sur le levier, plus éloignés de l'animal que le corps du tambour ; de cette façon nous avons obtenu des tracés semblables aux précédents, dont la ligne ascendante correspond à l'inspiration et la ligne descendante, à l'expiration.

bilité au contact dans la moitié droite du corps et une faible parésie des extrémités antérieures et postérieures du même côté. L'animal, très impatient, est fixé sur un appareil qui immobilise les pattes et comprime assez fortement le museau, déterminant très probablement une certaine gêne respiratoire. C'est sans nul doute pour cette raison que, après avoir mis à nu les muscles intercostaux, nous ne pouvons plus constater le repos absolu de la paroi thoracique droite; vers la fin de chaque inspiration, il y a un très faible soulèvement des côtes homologues, presque imperceptible, il est vrai, mais incontestable; les cris de l'animal s'accompagnent aussi de mouvements respiratoires actifs du côté de la lésion, et dans le sommeil de l'éther nous voyons se présenter également, avec la dyspnée, une respiration bilatérale presque normale. L'agitation de l'animal rendant d'ailleurs l'examen prolongé absolument impossible, nous le sacrifions rapidement.

Autopsie. L'hémisection était complète.

Exp. n° 127. 7 décembre 1889. Petit chien adulte.

A 10 h., hémisection médullaire à droite, un millimètre en arrière du bec du calamus (confirmée par l'autopsie); après l'opération, absence totale des mouvements respiratoires de la moitié droite du tronc.

A 3 h. 30 m., on dénude les côtes droites, qui restent immobiles pendant l'inspiration et pendant l'expiration ; mais l'ouverture de la paroi thoracique gauche rétablit une respiration bilatérale semblable à celle que nous avons décrite dans les expériences précédentes : l'amplitude des mouvements respiratoires (côtes et diaphragme) reste cependant un peu plus forte à gauche jusqu'à la mort de l'animal.

Exp. n° 128. 11 décembre 1889. Chat adulte.

Les organes de cet animal devaient être soumis à un examen histologique spécial; avant de le sacrifier, on l'a utilisé pour une observation d'hémiplégie respiratoire et de respiration bilatérale dyspnéique. A 9 h., hémisection de la moelle cervicale à droite; à 4 h., la respiration étant franchement hémiplégique, on pratique une fenêtre à la paroi thoracique gauche; bientôt on voit apparaître des mouvements actifs des côtes droites et en ouvrant l'abdomen on constate des contractions synchrônes et presque égales en amplitudes des deux moitiés du diaphragme.

Les mouvements respiratoires qui peuvent se présenter, après l'hémisection de la moelle cervicale, dans la moitié du tronc correspondant à la lésion, s'expliquent de la façon la plus naturelle, nous l'avons dit plus haut, par la théorie de l'entre-croisement infra-bulbaire d'une partie des fibres émanant des centres respiratoires de la moelle allongée. Si cette théorie est vraie et si, comme nous le prétendons, il n'y a pas de centres spinaux capables d'entretenir une respiration à peu près normale, il faut que chacune des deux moitiés symétriques de l'appareil respiratoire central bulbaire puisse présider à une sorte de respiration bilatérale du tronc[1]. C'est ce qui ressort précisément des nombreuses expériences de M. Knoll (loc. cit. 1888), qui l'ont amené à nier l'hémiplégie respiratoire : il a pratiqué sur 48 lapins la section médiane du bulbe, depuis la pointe du calamus dans la direction céphalique, sur une longueur de deux à neuf millimètres[2]; huit de ces animaux sont morts; six ont présenté l'asynchronisme des mouvements respiratoires des deux côtés; dans vingt cas il y a eu, après la ligature de l'un des nerfs pneumogastriques, un ralentissement et une augmentation de l'amplitude des mouvements respiratoires du côté de la lésion; la respiration du côté opposé avait une fréquence et une amplitude inégales, mais était en moyenne deux à trois fois plus rapide; enfin, chez les quatorze autres lapins, la ligature d'un pneumogastrique n'a pas altéré le synchronisme de la respiration, qui s'est d'abord ralentie des deux côtés, puis a repris sa fréquence normale; mais le fait le plus important à noter, c'est que *dans aucun cas* il n'y a eu un asynchronisme durable et que l'asynchronisme passager qui s'est présenté quelquefois a

[1] Nous ne perdons pas de vue que, dans nos expériences, la plus grande partie du noyau du spinal reste intacte et qu'il est même arrivé assez souvent que l'hémisection a épargné complètement ce nerf; un faible soulèvement en masse de la paroi thoracique du côté de la lésion pourrait donc lui être attribué. Mais la respiration bilatérale dyspnéique de l'hémiplégie respiratoire est caractérisée par des mouvements actifs des côtes qui ne sont dus ni au muscle sternocléido-mastoïdien, ni au trapèze, et il nous est permis de mettre hors de cause le nerf accessoire de Willis. Il y a d'ailleurs aussi des mouvements symétriques des deux moitiés du diaphragme.

[2] La longueur de l'incision ne paraît pas avoir d'importance, pourvu qu'elle ne soit pas inférieure à deux millimètres chez le lapin.

toujours été aboli par la ligature du second pneumogastrique; et il faut noter encore que l'excitation électrique du bout central du nerf vague sectionné s'est constamment fait sentir des deux côtés, bien que plus faiblement du côté opposé.

En présence de ces faits et d'autres analogues dont nous avons été témoin, nous aurions pu nous abstenir de faire de nouvelles expériences; nous avons crû toutefois devoir poursuivre nos recherches personnelles en pratiquant sur quelques animaux la fente médiane du bulbe, après l'hémisection au niveau du bec du calamus scriptorius[1], pour nous assurer que l'élimination d'une moitié latérale de la moelle allongée ne supprime pas fatalement toute respiration bilatérale.

Les quelques expériences suivantes ne nous ont laissé aucun doute à cet égard. Les résultats en ont été variables, il est vrai, nous avons eu quelques cas où la paroi thoracique, inactive au début, est restée immobile dans la plus forte dyspnée et jusqu'à la mort; mais nous estimons que le choc, dont on a trop parlé, à notre avis, peut être évoqué surtout après cette grave opération et nous admettons que, dans la question dont il s'agit, les faits positifs sont seuls concluants.

Exp. n° 66. 6 mai 1889. Lapin adulte.

Ce lapin appartient à cette race à longue tête et à oreilles pendantes, chez laquelle une large ouverture de la membrane occipito-atloïdienne laisse voir la partie postérieure du bulbe et le bout antérieur de la moelle cervicale sur une longueur de plus d'un centimètre. Nous pratiquons d'abord la section de la moitié latérale gauche de la moelle au niveau de la pointe du V du calamus scriptorius, puis, au bout de 5 minutes, après avoir laissé à l'animal le temps de se remettre d'un choc d'ailleurs insignifiant, se manifestant seulement par un peu d'irrégularité de la respiration, nous plaçons notre instrument verticalement et très exactement sur la partie médiane

[1] Cette double opération nous a coûté beaucoup d'animaux. Le *nœud vital* de Flourens reste à nos yeux une région dangereuse, surtout lorsqu'il s'agit de l'irriter, par l'action d'un instrument tranchant ou de toute autre façon, plusieurs fois de suite. Dans les lignes suivantes il ne sera question que des sujets qui ont toléré la double section.

du plancher du quatrième ventricule, nous appuyons délicatement jusqu'à ce que la lame rencontre la paroi ventrale du canal rachidien, et nous opérons un mouvement d'avant en arrière et de bas en haut, qui fait ressortir la pointe du ténotome dans la première incision. Il y a, après cette opération, une syncope respiratoire qui cède facilement à quelques manœuvres de respiration artificielle par pressions thoraciques. Nous fixons l'animal sur l'appareil de Czermak, nous découvrons les côtes et les muscles intercostaux; la respiration, active, est manifestement unilatérale avec traction de la paroi thoracique droite vers la ligne médiane dans les fortes inspirations. Nous observons pendant environ 10 minutes cette respiration un peu irrégulière, mais toujours unilatérale, puis nous faisons une petite ouverture de la paroi thoracique et de la plèvre à gauche; la dyspnée s'établit à mesure que le poumon gauche s'atélectasie et les derniers mouvements respiratoires de la moitié gauche du tronc s'accompagnent de faibles contractions des muscles élévateurs des côtes à droite. Ce faible soulèvement des côtes droites n'est pas exactement synchrône aux mouvements des côtes gauches et il se produit vers la fin de l'inspiration normale.

L'examen du bulbe durci a montré une section longitudinale complète partant du tiers antérieur du plancher du quatrième ventricule, s'étendant un peu au-delà de la pointe du calamus et suivant assez exactement la ligne médiane, tant à la surface dorsale qu'à la surface ventrale du bulbe. L'hémisection était complète aussi. La moitié latérale droite de toute la partie postérieure du bulbe était donc absolument séparée de la moelle épinière.

Exp. n° 67. 8 mai 1889. Lapin adulte.

Animal de la même race que le précédent. Hémisection à droite; fente longitudinale médiane du bulbe sur une longueur de 4 à 5 millimètres, arrivant sur la première incision. Ce lapin n'a survécu qu'une demi-heure; sa respiration était très superficielle et unilatérale; nous n'avons pu voir aucun mouvement respiratoire de la moitié droite du tronc. Même dans les quelques inspirations profondes qui ont précédé la mort, les côtes droites sont restées absolument immobiles.

Autopsie. Le bulbe était divisé sur la ligne médiane depuis le centre de la fosse rhomboïdale jusqu'à 1 millimètre en arrière du bec du calamus. Cette incision rejoignant la section transversale complète de la moitié latérale droite de la moelle cervicale. Il y avait un caillot sanguin assez volumineux à la surface ventrale du bulbe et de la moelle cervicale antérieure.

Exp. n° 72. 22 mai 1889. Rat albinos.

Hémisection à droite. Fente longitudinale du bulbe sur la ligne médiane, rejoignant la première incision. Après l'opération, l'animal ne respire plus que du côté gauche, mais il se remet très promptement et très bien.

Le 24, l'animal va bien; n'ayant aucune raison pour le conserver plus longtemps, nous l'éthérisons et nous mettons à nu les côtes et le diaphragme. La paroi thoracique droite et la moitié droite du diaphragme n'exécutent d'abord aucun mouvement respiratoire actif, mais lorsque nous ouvrons la cavité thoracique gauche, il survient une forte dyspnée et la respiration devient franchement bilatérale.

L'*autopsie* montre une incision longitudinale du bulbe, occupant assez exactement la ligne médiane, longue de 2,5 millimètres et arrivant dans une section transversale complète de la moitié latérale droite de la moelle au niveau de la pointe du calamus.

Exp. n° 74. 1er juin 1889. Rat albinos.

Même opération que sur le précédent. La respiration est restée unilatérale dans la plus forte dyspnée et jusqu'à la mort.

La fente longitudinale était exactement sur la ligne médiane et complète sur une étendue de 3 millimètres. L'hémisection, qui la rejoignait, était aussi bien réussie.

Exp. n° 100. 24 août 1889. Lapin adulte.

Après avoir tué trois animaux en essayant de répéter cette opération, nous parvenons à pratiquer sur celui-ci la section de la moitié latérale droite de la moelle, tout près de la pointe du V du calamus, suivie de la division longitudinale du bulbe sur la ligne médiane. Une moitié de la moelle allongée mise ainsi hors de combat, ce lapin a une respiration unilatérale, mais dont la fréquence, l'amplitude et la régularité sont à peu près normales. Avant son réveil, nous mettons à nu la paroi thoracique antérieure, nous ouvrons la cavité abdominale et nous constatons l'immobilité absolue des côtes droites et de la moitié droite du diaphragme. Ce type respiratoire se montre également après le réveil de l'animal, s'accompagnant alors de faibles mouvements passifs alternant du côté opposé à la lésion. Nous pratiquons une petite fenêtre à la paroi thoracique gauche; aussitôt l'alternance cesse, mais la respiration franchement unilatérale persiste fort longtemps et ce n'est que dans les trois ou quatre der-

nières respirations profondes de l'agonie que nous voyons nettement quelques très faibles mouvements actifs des côtes droites et du diaphragme, suffisants toutefois pour nous convaincre qu'une seule moitié latérale du bulbe peut envoyer des impulsions motrices inégales dans les deux côtés du tronc.

Autopsie : La fente longitudinale du bulbe a une longueur d'environ 6 millimètres; elle part du tiers antérieur de la fosse rhomboïdale et se prolonge en arrière, un peu au delà du bec du calamus; l'hémisection la rejoint et divise complètement le cordon postérieur et le cordon antéro-latéral droits; le nerf spinal est aussi sectionné. Il s'est produit une faible hémorragie à la surface du bulbe jusqu'à la protubérance; le caillot s'étend aussi en arrière jusqu'au niveau de la troisième vertèbre cervicale.

Pour expliquer la respiration bilatérale dyspnéique dans l'hémiplégie respiratoire, nous avons admis l'entrecroisement infra-bulbaire d'éléments moteurs provenant du centre primitif et le mettant en communication directe ou indirecte (par l'intermédiaire des masses grises qui leur donnent naissance) avec les nerfs des muscles respiratoires. Les recherches anatomiques que nous avons pu faire ont apporté un nouvel appui à cette théorie : nous avons débité en coupes fines les moelles de trois lapins qui avaient survécu plus de quinze jours à l'hémisection complète de la moelle cervicale (exp. 55, 57 et 92), et nous avons constaté la dégénération wallérienne, non seulement du faisceau pyramidal croisé du côté de la lésion, mais aussi d'un certain nombre de fibres du même faisceau du côté opposé et de fibres disséminées des deux cordons antérieurs à peu de distance du sillon longitudinal [1].

Mais il y a une autre hypothèse possible. On pourrait être tenté de supposer que la cause déterminante de l'état dyspnéique (et cette cause est très probablement dans tous les cas une modification de la composition chimique du sang) produit sur les origines spinales des nerfs res-

[1] *Marchi* et *Algeri* (Sulle degenerazioni discendenti consecutive a lesioni sperimentali, etc... Revista Sper. di freniatria e di med. long. Vol. XII, fasc. 3) ont vu, à la suite de lésions de l'écorce cérébrale, des fibres dégénérées çà et là dans toute la section de la moelle épinière. Le faisceau pyramidal croisé n'est donc pas, comme on l'a cru longtemps, le seul qui puisse être atteint de dégénérescence descendante après les lésions corticales ou médullaires.

piratoires une excitation qui met en branle l'appareil unilatéral jusque là immobile.

Nous ne nous sommes pas arrêté longtemps à cette hypothèse, car nous avons acquis la conviction, exprimée au chapitre précédent, que les prétendus centres spinaux ne sont influencés par la veinosité du sang que lorsqu'elle est devenue assez forte pour provoquer une excitabilité anormale de tous les centres médullaires à la fois, se manifestant par des réflexes généralisés exagérés. Ici, rien de semblable. Il nous restait toutefois à fournir la preuve que les mouvements respiratoires qui se présentent du côté de la lésion sont exclusivement d'origine bulbaire. Nous l'avons cherchée et nous croyons l'avoir trouvée dans les résultats d'une nouvelle série d'expériences qui eussent été à leur place dans la critique de la doctrine des centres spinaux, mais que nous préférons rapporter à la fin de ce chapitre, parce que ces dernières recherches complètent notre étude sur l'hémiplégie respiratoire et donnent à ce phénomène sa véritable portée.

L'hémisection de la moelle cervicale au niveau de la première ou de la deuxième vertèbre est en général bien tolérée, l'animal qui l'a subie peut vivre plusieurs mois, probablement plusieurs années, et on peut dire que, pratiquée avec précaution, cette opération n'offre pas de danger immédiat pour l'existence. La section transversale complète de la moelle cervicale antérieure, au contraire, anéantit fatalement toute respiration; l'animal ainsi mutilé, abandonné à lui-même, est sacrifié; c'est là une lésion mortelle.

Les physiologistes ont longtemps tiré de ce fait brutal, que personne ne conteste, la conclusion que les centres respiratoires ne se trouvent pas dans la moelle épinière. Mais aujourd'hui cette théorie, très légitime à nos yeux, a rencontré des adversaires contre lesquels il s'agit de la défendre. Quelques expérimentateurs ont constaté, comme nous l'avons vu, qu'en entretenant pendant quelque temps la respiration artificielle chez un animal à moelle cervicale sectionnée, on voit survenir dans le tronc séparé du bulbe des séries de mouvements des muscles respira-

toires; ils en ont inféré que c'est le choc opératoire qui produit la mort, et les centres respiratoires spinaux sont en train de faire leur chemin dans le monde scientifique.

Si c'est uniquement le choc respiratoire — il nous est impossible de le croire — qui, dans la section médullaire au niveau du bec du calamus ou un peu plus en arrière, arrête la respiration, ce facteur a une influence considérablement moins sensible lorsqu'on coupe seulement une moitié latérale de la moelle cervicale au même niveau. La section complète tue, l'hémisection laisse l'animal vivre en respirant unilatéralement, et même bilatéralement dans certaines conditions, et les phénomènes que l'on peut considérer comme indiscutablement inhibitoires sont, après cette opération, à peine appréciables (Voir chapitre précédent). Il est donc permis d'admettre que, s'il y avait de véritables centres respiratoires dans la moelle épinière, deux hémisections successives, l'une à droite, l'autre à gauche, opérées avec un intervalle de temps suffisant, ne compromettraient pas directement la respiration, ou tout au moins que dans les cas les plus favorables la respiration persisterait pendant un certain temps.

C'est précisément ce qui n'a pas lieu.

Nous avions pratiqué cette double opération dans les expériences 38, 57, 60 et 61 déjà rapportées; la seconde hémisection avait fait cesser subitement la respiration chez trois de ces animaux, chez le quatrième (exp. 60), il y avait eu encore quelques mouvements respiratoires qui peuvent s'expliquer par le trajet oblique de fibres provenant des centres bulbaires, dans la substance grise comprise entre les deux hémisections, distantes l'une de l'autre de trois millimètres. Le rat étant, comme nous l'avons déjà dit, celui de tous les animaux sur lesquels nous avons expérimenté qui tolère le mieux la section d'une moitié latérale de la moelle, se comportant le plus souvent dès le réveil tout à fait comme un sujet intact, c'est au rat que nous nous sommes adressé pour répéter un certain nombre de fois l'expérience de la double hémisection pratiquée avec

les plus grandes précautions et à plusieurs jours d'intervalle. Les résultats obtenus sont éloquents, nous allons les résumer.

Exp. n° 101. Rat albinos adulte.

7 septembre 1889. Hémisection de la moelle cervicale à droite, un peu en arrière du bec du calamus. Hémiplégie respiratoire.

Le 9, nous dénudons la moelle cervicale avec les plus grandes précautions et nous rompons sans hémorragie notable les faibles adhérences de tissu cicatriciel qui réunissaient déjà la peau, les parties molles et les membranes sectionnées; la fente de la moelle produite dans la première opération se présente alors très nettement, remplie par un caillot sanguin, et nous constatons à ce moment que la respiration unilatérale de l'animal n'a nullement été modifiée par nos manipulations. Nous introduisons alors délicatement notre petit ténotome entre les deux lèvres de l'hémisection médullaire à droite, et nous prolongeons rapidement la première incision en divisant aussi la moitié latérale gauche de la moelle.

Après cette opération, nous observons une série de mouvements dyspnéiques de la tête, mais il ne survient plus aucun mouvement quelconque des muscles respiratoires du tronc. Nous entretenons longtemps une respiration artificielle par pressions thoraciques, sans parvenir à ramener des mouvements respiratoires spontanés.

Exp. n° 102. Rat albinos adulte.

Hémisection médullaire à droite le 7 septembre 1889.

Le 11, l'animal ayant une respiration unilatérale bien accentuée, nous procédons à la section de la moitié latérale gauche de la moelle cervicale. Nous avons eu dans ce cas une grande difficulté à retrouver la première incision, vu les fortes adhérences des méninges que nous n'osions pas rompre, craignant de léser gravement la moelle sous-jacente. Nous avons cependant pu nous rendre un compte assez exact du siège de la lésion, et l'autopsie a montré que la seconde hémisection se trouvait à peu près au même niveau que la première. L'opération a déterminé l'arrêt définitif des mouvements respiratoires du tronc.

Exp. n° 103. Rat albinos adulte.

7 septembre 1889. Hémisection de la moelle cervicale à droite, au niveau de la deuxième vertèbre.

Le 14, section de la moitié latérale gauche de la moelle, pratiquée avec les mêmes difficultés et avec le même résultat que dans l'expérience précédente.

Exp. n° 104. Rat albinos adulte.

16 septembre 1889, hémisection à droite.

Le 18, hémisection à gauche, comme dans l'expérience précédente.

Après la seconde opération, nous comptons 27 mouvements dyspnéiques de la tête, tout en constatant l'immobilité absolue de tous les muscles respiratoires du tronc[1].

Nous arrivons à la fin de notre longue étude de l'hémiplégie respiratoire. Si nous avons cru devoir la décrire dans tous ses détails, c'est que l'hémisection de la moelle cervicale est à nos yeux la *seule* expérience précise et *positive* qui permette d'établir avec certitude l'unité du centre respiratoire dans le bulbe, parce que, seule, elle résout le difficile problème de la suppression permanente (unilatérale!) de la respiration chez un animal vivant, et parce que nous admettons que la cessation d'une fonction est l'unique criterium de l'élimination du centre qui la régit.

En résumé, tous les mammifères sur lesquels nous avons expérimenté (chiens, chats, lapins, cobayes, rats) ont montré après l'hémisection de la moelle cervicale antérieure le même phénomène, c'est-à-dire l'absence totale de mouvements respiratoires actifs de la paroi thoracique du côté de la lésion et de la moitié homologue du diaphragme; l'animal qui a subi cette opération a désormais et pour toujours une respiration unilatérale, ou plutôt il respire, lorsqu'il se trouve dans les conditions les plus physiologiques possibles, d'un seul côté. C'est là un phénomène de déficit permanent, et non pas seulement passager, comme le croient quelques auteurs. Mais il résulte de tout ce qui précède que l'observation la plus minutieuse est indispensable pour reconnaître

[1] Nous avions fait ces quatre expériences lorsque nous apprîmes que M. Knoll et M. Marckwald avaient déjà pratiqué avant nous les deux hémisections successives de la moelle cervicale. Nous n'en réclamons donc pas la priorité.

l'hémiplégie respiratoire, et nous comprenons maintenant comment elle a pu se dérober aux regards des expérimentateurs qui n'en ont pas fait l'objet d'une étude tout à fait spéciale. Le type respiratoire unilatéral in optima forma est évidemment des plus inconstants, on se représente bien qu'une telle respiration ne peut pas être toujours suffisante et nous croyons avoir démontré que dans la dyspnée, qui est fréquente après l'hémisection médullaire, un supplément de forces respiratrices est fourni par la moitié contro-latérale du bulbe.

L'hémiplégie respiratoire due à l'hémisection de la moelle cervicale est pour nous indiscutable et c'est avec confiance que nous attendons le verdict de ceux qui pourront être amenés à vérifier l'exactitude des faits que nous venons d'avancer.

CHAPITRE III

Y A T-IL DES CENTRES RESPIRATOIRES ENCÉPHALIQUES?

Nous avons contrôlé la plupart des faits que l'on a invoqués en faveur de l'existence de centres encéphaliques d'inspiration et d'expiration et nous n'en contestons pas l'exactitude. Mais tous ces faits nous semblent devoir être interprétés d'une autre façon.

Qu'on nous permette une comparaison.

On connaît l'arrêt réflexe de la respiration, signalé par *Schiff*[1], *Paul Bert*[2], *Rosenthal*[3], *Falk*[4], *Holmgren*[5], qui se produit chez un animal trachéotomisé, dont la trachée communique par un tube de caoutchouc avec l'air atmosphérique, dès que l'orifice des narines est plongé dans une solution physiologique tiède de Cl Na. Quelques physiologistes croient que c'est ce réflexe d'immersion (Tauchreflex) qui entretient l'apnée normale du fœtus. Si, chez le fœtus, l'excitant respiratoire peut dans certaines conditions s'élever assez haut pour provoquer une inspiration, celle-ci serait aussitôt arrêtée par l'action réflexe que provoque la pénétration du liquide amniotique sur les premières voies aériennes[6].

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, T. LIII, 1861.

[2] *Nouveau Dictionnaire de médecine et Gazette médicale*, 1865.

[3] V. *Arch. f. Anat. und Physiol.*, 1869.

[4] *Arch. f. pathologische Anatomie*, v. Virchow, 1869.

[5] Hoffmann und Schwalbe, *Jahresbericht*, 1883.

[6] *Cohnstein und Zuntz*, Untersuchungen über das Blut, den Kreislauf und die Athmung beim Säugethier-Footus, *Pflüger's Archiv.*, Bd. XXXIV; Weitere Untersuchungen zur Physiologie des Säugethier-Foetus, *Pflüger's Archiv.*, Bd. XLII.

Devons-nous en conclure que la muqueuse des fosses nasales est le siège d'un *centre d'expiration?* Non, l'animal (ou l'homme) continue de respirer après l'extirpation du nez, du pharynx, du larynx et de la trachée, et nous considérons la muqueuse des voies aériennes supérieures comme le *point de départ d'un réflexe* très énergique chez le fœtus, un peu moins chez l'animal nouveau-né, et qui persiste, quoique sensiblement affaibli, chez l'adulte.

Et nous admettons que les parties du système nerveux central qu'ont excitées MM. Martin et Booker et M. Christiani ne se comportent pas autrement.

M. Christiani a d'ailleurs constaté que l'irritation du nerf acoustique et celle du nerf optique accélèrent la respiration en exerçant une influence inspiratrice; que le bout central du pneumo-gastrique sectionné a la même propriété; que le trijumeau, au contraire, peut agir comme expirateur; que le prétendu centre d'inspiration de la paroi latérale du troisième ventricule est excitable aussi *dans l'apnée*; il a vu que l'on peut extirper les lobes cérébraux, les corps striés, les couches optiques, le cervelet, sans altérer sensiblement la respiration, que l'ablation consécutive des tubercules quadrijumeaux antérieurs, et même de la totalité des tubercules quadrijumeaux et de la plus grande partie de la protubérance, ne paralyse pas immédiatement la respiration, — la mort n'étant survenue, dans les cas favorables où l'hémorragie n'a pas été trop abondante, qu'au bout d'une demi-heure environ.

Ne sommes-nous donc pas autorisés à supposer que dans leurs expériences MM. Martin, Booker et Christiani ont porté les excitations sur des *fibres sensitives ou sensorielles* (fibres de l'appareil optique, en particulier), et non pas sur des *centres*.

C'est l'impression qui nous est restée de recherches personnelles analogues, que nous ne décrivons pas ici, parce que les résultats obtenus ne nous ont pas paru concluants. Nous estimons d'ailleurs, ainsi que nous l'avons dit plus haut, que, dans les recherches instituées en vue d'arriver à la connaissance exacte de la topographie des centres en géné-

ral, les excitations électriques, chimiques, thermiques ou mécaniques constituent un mauvais moyen d'investigation. On n'est en droit de considérer un groupe d'éléments nerveux comme le centre d'une fonction que lorsqu'il est bien établi que l'ablation ou la destruction de cette région détermine la suppression permanente de la dite fonction. Et dans le cas particulier, si nous voulions appeler centres respiratoires toutes les régions dont l'excitation peut avoir une influence sur le rythme de la respiration, nous devrions placer les centres respiratoires, comme l'âme de Fischer, dans tout le système nerveux central et périphérique.

Nous ne rapportons pas non plus nos premières expériences destructives, assez nombreuses, faites au bistouri. On y chercherait en vain des faits nouveaux. Il résulte de ces expériences, ainsi que de toutes celles qui ont été faites auparavant, que la respiration normale ne dépend ni du cerveau antérieur, ni du cerveau intermédiaire, ni du mésencéphale, ni du cerveau postérieur. Le plus souvent, il est vrai, la mort survient peu de temps après une destruction étendue de la protubérance, mais si l'hémorragie n'est pas trop forte, et si l'on a soin de laisser le sang s'écouler librement, pour éviter la compression du bulbe par des caillots, on peut, comme *Legallois* l'a déjà déclaré, voir respirer pendant plusieurs heures des animaux privés de la totalité du cerveau et du cervelet; on peut même constater encore un certain nombre de mouvements respiratoires du tronc après l'ablation de la protubérance et de la partie céphalique de la moelle allongée.

Mais des travaux récents nous ont engagé à poursuivre nos recherches en nous servant d'une méthode perfectionnée.

M. Markwald a étudié très sérieusement l'influence du cerveau sur la respiration. Voici quelques-unes des conclusions d'un important mémoire dont nous avons déjà parlé dans notre notice historique :

1. Les centres respiratoires sont situés dans la moelle allongée, en connexion intime avec les noyaux d'origine des pneumo-gastriques.

. . . .

2. Il n'y a pas de centres respiratoires situés plus haut que la moelle allongée. Tous les faits que l'on a invoqués en faveur de l'existence des centres supérieurs trouvent leur explication naturelle dans des excitations centripètes de la moelle allongée qui viennent agir par voie réflexe sur le centre respiratoire du quatrième ventricule. Les conditions dans lesquelles se produit la dyspnée céphalique (mouvements respiratoires des naseaux, sur une tête décapitée, mais à moelle allongée conservée) sont en contradiction directe avec l'existence des centres respiratoires supérieurs.

. . . .

5. Les centres respiratoires, agissant par voie purement automatique (c'est-à-dire séparés du reste du système nerveux central et des nerfs sensibles), ne peuvent donner naissance qu'à des convulsions des muscles respiratoires, ils ne sont pas capables de provoquer de vrais mouvements respiratoires à rythme régulier.

6. La production des mouvements respiratoires normaux est un acte réflexe, principalement dû à l'action centripète des pneumo-gastriques.

. . . .

7. L'action que les pneumo-gastriques exercent sur les centres respiratoires est permanente, *tonique;* lorsque l'organisme animal est à l'état de repos complet, ces nerfs constituent peut-être les seuls régulateurs de la respiration.

8. Outre les pneumo-gastriques, les voies nerveuses encéphaliques sont également très importantes pour la production de la respiration normale. Les centres nerveux situés au-dessus de la moelle allongée sont capables de suppléer à l'absence des pneumo-gastriques. Mais la section de la moelle allongée pratiquée au-dessus des centres respiratoires, combinée avec celle des pneumo-gastriques, abolit nécessairement les mouvements respiratoires rythmés et ne laisse persister que des convulsions respiratoires.

9. Si les pneumo-gastriques sont intacts, la destruction des voies nerveuses encéphaliques peut amener la respiration périodique (à esca-

lier descendant, à type un peu différent de la respiration de Cheyne-Stokes).

. . . .

11. L'action des nerfs sensibles de la peau ne peut remplacer l'intervention des voies nerveuses encéphaliques ni celle des pneumo-gastriques.

12. Tandis que les nerfs cutanés n'exercent chez les animaux intacts qu'une influence minime ou même nulle sur les centres respiratoires, ces mêmes nerfs acquièrent une importance beaucoup plus grande après la destruction des voies nerveuses encéphaliques. Les excitations cutanées peuvent alors provoquer, par voie réflexe, des séries entières de mouvements respiratoires. Les nerfs cutanés n'exercent pas d'action tonique sur les centres respiratoires.

13. Les nerfs centripètes qui exercent une action d'arrêt sur la production des mouvements respiratoires (le trijumeau, le laryngé supérieur, le glosso-pharyngien, etc.) ne possèdent pas de *tonus;* ils doivent être considérés comme des nerfs respiratoires accessoires n'intervenant pas dans la production de la respiration normale [1].

Dans son dernier mémoire (Die Bedeutung des Mittelhirnes, etc., déjà cité), M. Markwald rapporte une nouvelle série d'expériences instituées en vue de déterminer plus exactement encore les voies encéphaliques (obere Bahnen) dont l'influence se fait sentir sur la respiration. Il a injecté dans les artères du cerveau, à l'aide de la microseringue de Beck, une masse composée de paraffine et d'huile d'olives se solidifiant à la température de 40 à 41° C., et c'est ainsi qu'il a étudié les effets de l'élimination des divers territoires du cerveau antérieur, du mésocéphale, du bulbe et de la moelle cervicale. Le résultat de ces expériences est de nature à corroborer les premières propositions de l'auteur, dont la huitième seulement devrait être un peu modifiée et formulée comme suit:

[1] Nous n'avons pas pu nous procurer le travail original de Markwald, et ces lignes ont été transcrites de la traduction qu'en donne la *Revue de Hayem*, T. XXIX, p. 423 et suiv. Mais nous avons lu le mémoire plus récent que nous allons analyser.

« Outre les pneumo-gastriques, les voies et noyaux des tubercules quadrijumeaux postérieurs et ceux de la portion sensitive du trijumeau sont également très importants pour la production de la respiration rythmique normale. Les ganglions des tubercules quadrijumeaux postérieurs possèdent un *tonus* naturel et sont capables de suppléer à l'absence des pneumo-gastriques, de même que les pneumo-gastriques suppléent à l'absence des tubercules quadrijumeaux postérieurs. Après l'élimitation des tubercules quadrijumeaux, postérieurs, le noyau du trijumeau acquiert un tonus et exerce bientôt une influence régulatrice sur les spasmes irréguliers du centre respiratiore isolé, qui deviennent alors réguliers.

En résumé, M. Markwald a observé sur des lapins les phénomènes suivants.

A. La section des deux nerfs pneumo-gastriques au cou modifie immédiatement la respiration : après cette opération, les mouvements respiratoires sont moins fréquents et plus amples, l'inspiration est plus prolongée, proportionnellement à l'expiration, que chez l'animal intact. Mais au bout d'un certain temps le tableau change, tout signe de dyspnée disparaît et il ne reste plus pour témoigner de la lésion qu'un ralentissement à peine appréciable de la respiration normale.

B. L'élimination des hémisphères cérébraux (par injection des art. cerebr. anteriores, mediæ et posteriores) ne détermine qu'une accélération momentanée de la respiration (phénomène d'excitation); la section ultérieure des pneumo-gastriques a les effets qui sont propres à cette opération.

C. L'élimination des hémisphères cérébraux et de la partie antérieure du mésocéphale s'accompagne de convulsions générales assez semblables à celles de l'intoxication strychnique et qui durent plus ou moins longtemps. Quand cet état d'excitation est passé, on voit la respiration redevenir normale dans tous les cas où les tubercules quadrijumeaux postérieurs sont restés intacts et en communication avec les cen-

tres respiratoires. Chez les animaux qui ont subi cette opération, la section des pneumo-gastriques n'a que les effets connus.

D. L'élimination des hémisphères cérébraux et du mésocéphale tout entier s'accompagne aussi de convulsions générales qui cessent au bout d'un certain temps; mais si l'on sectionne alors les pneumo-gastriques, il n'y a plus, jusqu'à la mort de l'animal, que des convulsions respiratoires[1], d'abord irrégulières mais se présentant plus tard avec une certaine régularité.

E. Enfin, si toutes les voies encéphaliques sont éliminées et avec elles les noyaux sensitifs du trijumeau des deux côtés, la section des pneumo-gastriques ne laisse persister que des spasmes respiratoires irréguliers.

De l'observation de tous ces faits, M. Markwald tire les conclusions que nous résumons dans les lignes suivantes :

« 1. Les pneumo-gastriques exercent une action permanente sur la respiration normale. Ils ont un tonus régulier.

2. Toutes *les voies supérieures*[2], à l'exception des tubercules quadrijumeaux postérieurs, sont sans influence permanente sur la respiration, tant avant qu'après la section des pneumo-gastriques.

3. Les tubercules quadrijumeaux postérieurs ont, comme les pneumo-gastriques, un tonus régulier, mais plus faible.

4. Les noyaux sensitifs des trijumeaux peuvent acquérir un tonus imparfait, capable de donner une certaine régularité aux convulsions respiratoires déréglées qui suivent la section des pneumo-gastriques pratiquée après l'élimination de toutes les voies supérieures.

[1] Voici comment M. Markwald décrit ces spasmes respiratoires : « Le diaphragme se contracte au maximum et reste dans cet état pendant toute la durée du spasme, qui peut être de une minute trois quarts et même davantage; la dyspnée peut être assez forte pour que, pendant cette contraction, les muscles respiratoires accessoires se trouvent irrités et qu'il survienne une respiration supplémentaire du thorax. La convulsion terminée, le diaphragme se relâche aussi rapidement qu'il s'était contracté et un nouveau spasme succède immédiatement au précédent.

[2] Nous reproduisons ici la terminologie de M. Markwald. Cette expression se rapportant à des animaux, il vaudrait mieux, suivant nous, parler de voies *antérieures*. Voir la note p. 28.

5. Les nerfs qui aboutissent encore aux centres respiratoires après l'élimination de toutes les voies supérieures, y compris les noyaux sensitifs des trijumeaux : le glosso-pharyngien, les nerfs du larynx, de la peau, des muqueuses, des muscles, des viscères, que l'on peut réunir sous la dénomination commune de *voies inférieures* (untere Bahnen), n'ont pas une action analogue. Ce n'est que sous l'influence d'une excitation directe qu'ils sont capables de suspendre momentanément les spasmes des centres isolés. L'excitation rythmique du glosso-pharyngien raccourcit ou arrête la contraction tétanique du diaphragme; l'excitation électrique du laryngé supérieur transforme les spasmes en mouvements respiratoires réguliers; le pincement de la peau peut faire cesser un spasme, ou, survenant pendant une pause, produire une inspiration ou une suite de mouvements respiratoires. Mais par elles-mêmes les voies inférieures n'ont pas de tonus et n'en acquièrent pas non plus quand les voies supérieures et les pneumo-gastriques sont mis hors de combat. »

Voilà qui est systématique. Est-ce aussi rigoureusement exact? C'est ce que nous avons examiné dans une nouvelle série d'expériences pour lesquelles nous avons adopté un procédé opératoire plus simple que celui de M. Markwald et bien préférable, à notre avis. L'injection de paraffine dans les artères cérébrales est fort aléatoire : le calibre de ces vaisseaux peut varier pour chaque cas particulier et il est impossible de déterminer avec quelque certitude la quantité de masse fondue nécessaire pour produire l'effet désiré; on court donc le risque de perdre ainsi inutilement beaucoup de temps et un grand nombre d'animaux; s'il est vrai, comme le dit M. Markwald, que chez le lapin chaque ramification des artères cérébrales nourrit un territoire circonscrit sans s'anastomoser avec celles des départements avoisinants, cette loi peut cependant avoir des exceptions; rien ne nous prouve qu'après l'injection d'un territoire quelconque la circulation ne soit pas sensiblement modifiée dans les régions qui l'entourent; — pour toutes ces raisons, nous avons préféré éliminer les voies antérieures d'une façon plus régulière,

et nous y sommes parvenu sans peine à l'aide du thermo-cautère Paquelin, chauffé au rouge sombre, qui remplace très avantageusement les instruments tranchants et prévient les hémorragies toujours très abondantes résultant de leur emploi dans ces opérations.

Nous nous sommes servi exclusivement de lapins. La section des deux nerfs pneumo-gastriques au niveau des premiers anneaux de la trachée a précédé ou suivi l'élimination des voies encéphaliques; dans les deux cas, les effets ont été sensiblement les mêmes. Pour cette dernière opération, nous avons découvert et incisé sur la ligne médiane la membrane occipito-atloïdienne et enlevé de l'os occipital un morceau triangulaire à base supérieure assez large pour permettre, non seulement d'introduire librement la lame du thermo-cautère, mais encore de lui imprimer des mouvements latéraux; l'instrument, pénétrant au travers de la partie postérieure du cervelet, devait en effet diviser la moelle allongée en avant de l'appareil respiratoire central, dans le voisinage des tubercules acoustiques, sans provoquer une hémorragie notable; ce résultat a été obtenu facilement et la lésion a été dans tous les cas contrôlée par l'autopsie. Dans cette opération, la partie postérieure du cervelet reste le plus souvent attachée au bulbe par les pédoncules cérébelleux inférieurs en partie conservés; nous avons donc toujours eu la précaution de détruire, à l'aide d'un petit crochet mousse, ce qui restait des corps restiformes, opérant ainsi la séparation complète du bulbe.

Dans toutes ces expériences, nous avons inscrit la respiration normale de l'animal intact et les modifications qui y ont été apportées par les opérations successives; les premiers lapins ont été trachéotomisés dans ce but; nous retirions la canule de la trachée après avoir recueilli les graphiques; plus tard nous avons substitué à la trachéotomie l'application sur le museau de l'animal d'une espèce de masque de caoutchouc auquel il était adapté un tube élastique mis en communication avec le cylindre enregistreur; un flacon d'une contenance suffisante, rempli d'air atmosphérique, était interposé sur le tube qui allait de l'animal au tambour. Tous les tracés ont d'ailleurs été pris rapidement;

ils doivent être lus de gauche à droite; la ligne descendante correspond à l'inspiration.

Exp. nº 111. 2 octobre 1889. Jeune lapin d'environ 6 mois.

A 9 h., trachéotomie; 60 à 72 respirations par minute.

A 9 h. 8 m., section des deux nerfs pneumo-gastriques au cou; mouvements respiratoires plus amples et plus lents, 28 à 30 par minute.

A 9 h. 30 m., section du bulbe à l'aide du thermo-cautère, en avant des centres respiratoires; après l'opération, l'animal offre quelques spasmes respiratoires que nous n'avons pas le temps d'inscrire et meurt au bout de 2 à 3 minutes.

Nous constatons à l'*autopsie* que la moelle allongée a été divisée au niveau de la partie antérieure des ailes grises, qui ont été effleurées par la lame chaude; nous nous étions donc tenu trop près de l'appareil respiratoire central, qui a dû subir l'influence délétère de la chaleur rayonnante, et cette expérience doit être considérée comme manquée.

Exp. nº 112. 3 octobre 1889. Jeune lapin de la même portée que le précédent.

A 8 h. 45 m., trachéotomie; respirations : 58 à 60 (fig. 31, *a*).

A 9 h., section des vagues; resp., 38 (fig. 31, *b*).

A 9 h. 50 m., section transversale de la moelle allongée en avant des centres respiratoires; après cette opération, nous ne comptons plus qu'une vingtaine de respirations par minute; les mouvements inspiratoires et expiratoires sont séparés par des intervalles plus longs après l'inspiration qu'après l'expiration; celle-ci est active comme l'inspiration, mais moins énergique; ce type respiratoire (fig. 31, *c*), offre en somme une certaine régularité et n'a aucune ressemblance avec les spasmes décrits par M. Markwald.

A midi, les phénomènes respiratoires ne se sont pas modifiés.

A 3 h., nous trouvons l'animal mort et rigide.

Autopsie. La trachée est obstruée par des mucosités abondantes qui n'ont pas pu être expulsées. La section se trouve un peu en avant des tubercules acoustiques. Elle est complète[1].

[1] Le résultat de cette autopsie nous a décidé à ne plus compromettre inutilement, par l'introduction d'une canule, la respiration déjà précaire. Nous n'avons dès lors ouvert la trachée qu'après la section du bulbe, et seulement dans les cas où il nous a paru urgent d'établir temporairement la respiration artificielle.

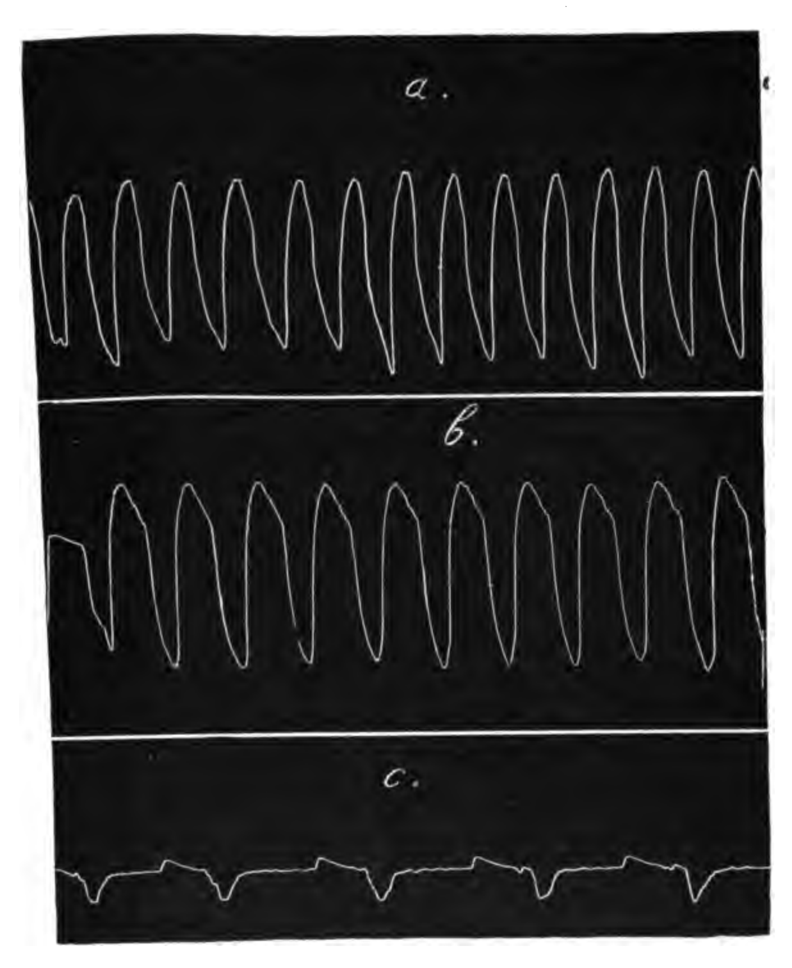


Fig. 31.

Exp. n° 113. 4 octobre 1889. Jeune lapin du même âge que les deux précédents.

A 9 h. 20 m., resp. 72 à 80 (fig. 32, *a*).

A 9 h. 45 m., section du bulbe; resp., 26, régulière, avec inspirations dédoublées (fig. 32, *b*).

A 9 h. 55 m., section des pneumo-gastriques; il y a alors de longs intervalles entre l'inspiration et l'expiration, mais celle-ci est bientôt suivie d'un mouvement inspiratoire (fig. 32, *c*); la respiration se ralentit et s'affaiblit de plus en plus et l'animal meurt à 11 h. 45 m.

A l'*autopsie*, nous constatons que le bulbe a été complètement divisé un peu en arrière des tubercules acoustiques.

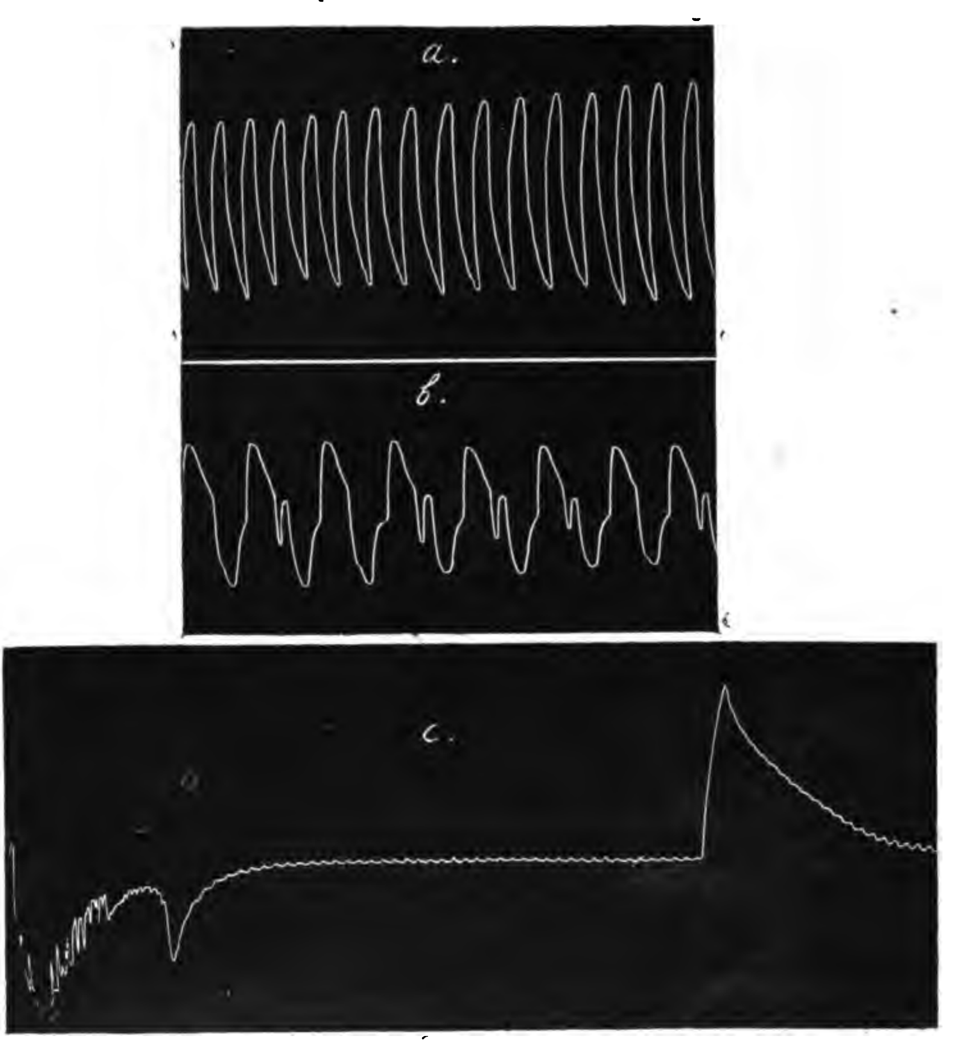


Fig. 32.

Exp. n° 115. 8 octobre 1889. Lapin adulte.

A 9 h., resp., 60 à 68.

A 9 h. 10 m., section des deux nerfs pneumo-gastriques; resp,, 32 à 36.

A 9 h. 25 m., division du bulbe; respiration très lente, assez semblable à celle que nous avons notée dans la précédente expérience, mais plus faible.

A 9 h. 30 m., espérant voir l'appareil respiratoire central, après un repos, reprendre une activité plus normale, nous ouvrons la trachée et nous pratiquons pendant une demi-heure l'insufflation pulmonaire.

A 10 h., la respiration ne s'est pas améliorée; nous enveloppons d'ouate l'animal sensiblement refroidi.

A 10 h. 55 m., exitus letalis.

Autopsie. Le bulbe est divisé complètement environ 2 millimètres en avant des tubercules acoustiques.

Exp. nº 116. 9 octobre. Jeune lapin de 7 mois.

A 9 h., respiration normale 72 à 80 par minute (fig. 33, *a*).

A 9 h. 10 m., section des vagues, resp., 48 (fig. 33, *b*).

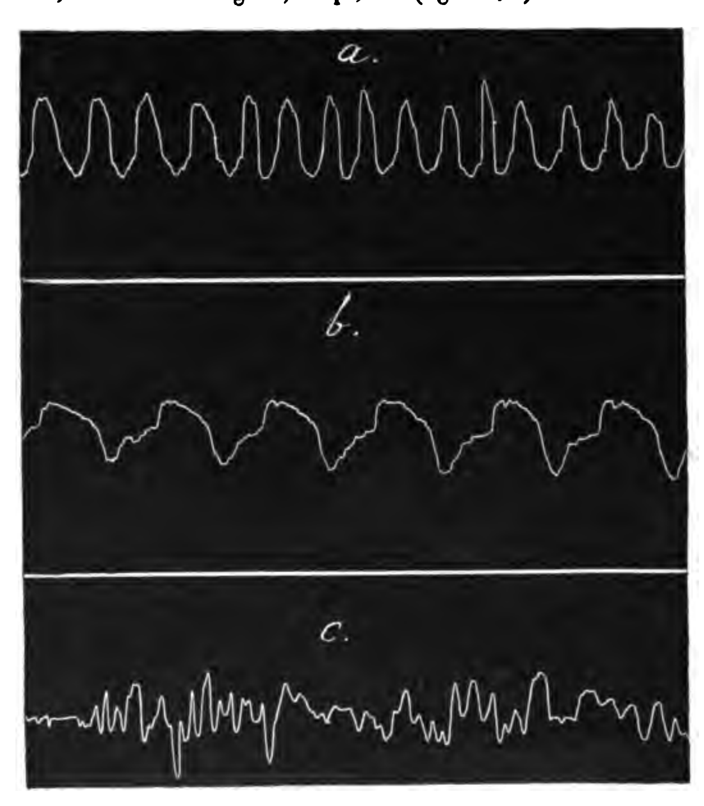


Fig. 33.

A 9 h. 25 m., section du bulbe à l'aide du thermo-cautère, comme dans les expériences précédentes; après l'opération, le lapin a quelques spasmes respiratoires de

courte durée et reprend bientôt une respiration plus normale, mais très superficielle; on entretient pendant 10 minutes une respiration artificielle par pressions thoraciques, puis, les mouvements respiratoires devenant plus amples, on abandonne l'animal enveloppé d'ouate pour prévenir le refroidissement qui peut se produire dans ces conditions.

A 3 h., respiration inégale, mais non spasmodique (fig. 33, *c*).

A 5 h., même état.

Le lendemain matin, nous le trouvons mort.

Autopsie. Le bulbe est séparé du cerveau au niveau de la ligne de jonction du bulbe et de la protubérance.

Exp. n° 117. 11 octobre 1889. Jeune lapin.

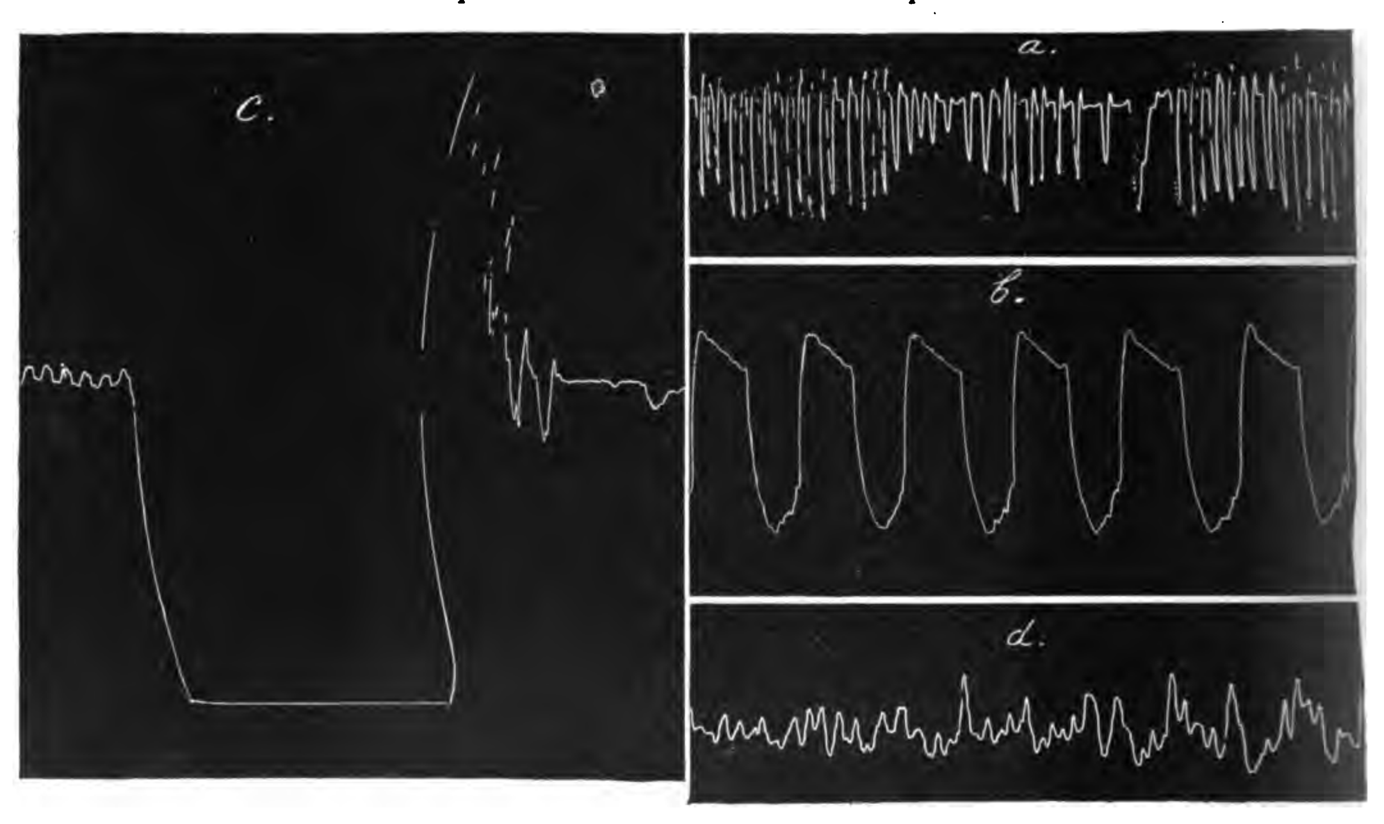


Fig. 34.

A 8 h. 40 m., la respiration normale de cet animal, très craintif, est le plus souvent très fréquente (fig. 34, *a*).

A 8 h. 55 m., section du bulbe; mouvements respiratoires rares, très amples, réguliers (fig. 34, *b*).

A 9 h. 10 m., section des deux pneumo-gastriques; inspirations et expirations actives très rares; ouverture de la trachée et respiration artificielle pendant une demi-heure.

A 9 h. 40 m., on suspend l'insufflation pulmonaire; il y a des contractions puissantes, souvent tétaniques, du diaphragme, alternant avec des expirations actives plus ou moins énergiques (fig. 34, *c*); ce sont là des spasmes respiratoires de la nature de ceux qu'a décrits M. Markwald, mais moins prolongés; ils se succèdent sans changement notable jusqu'à 3 h. A ce moment, nous pratiquons des excitations électriques répétées du bout central du nerf sciatique (courant induit, d'intensité moyenne, 2 éléments Daniell et chariot de du Bois-Reymond, éloignement suffisant des deux bobines); nous observons pendant l'application des électrodes des mouvements respiratoires fréquents, irréguliers et d'une amplitude inégale, dont le graphique que nous avons pu recueillir (fig. 34, *d*) ne donne qu'une représentation assez imparfaite, l'introduction de la canule dans la trachée ayant provoqué une dyspnée considérable et bientôt la mort de l'animal.

Autopsie : La division du bulbe était complète; un peu plus en arrière que dans l'expérience précédente.

Exp. n° 118. 14 octobre 1889. Jeune lapin.

A 8 h. 30 m., inscription de la respiration normale (fig. 35, *a*).

A 8 h. 45 m., section du bulbe, suivie pendant plus de 6 heures de mouvements respiratoires convulsifs assez semblables à ceux que nous avions observés dans l'expérience précédente, mais avec cette différence que les contractions toniques des muscles expirateurs sont aussi prolongées, plus prolongées même que celles du diaphragme (fig. 35, *b*); on constate à plusieurs reprises qu'une faible excitation du nerf laryngé supérieur, pratiquée au début d'un spasme, l'arrête subitement. Les spasmes se présentent irrégulièrement; on en compte parfois deux, rarement trois de suite; dans l'intervalle, il y a des inspirations et des expirations actives, alternant avec régularité mais d'une amplitude inégale et séparées par des pauses plus longues après les expirations qu'après les inspirations (fig. 36, *c*).

A 3 h., les spasmes respiratoires, plus fréquents, se sont un peu modifiés; on observe

assez souvent deux inspirations en escalier, auxquelles succède bientôt une expiration énergique, également dédoublée (fig. 36, *d*); entre les spasmes, même respiration

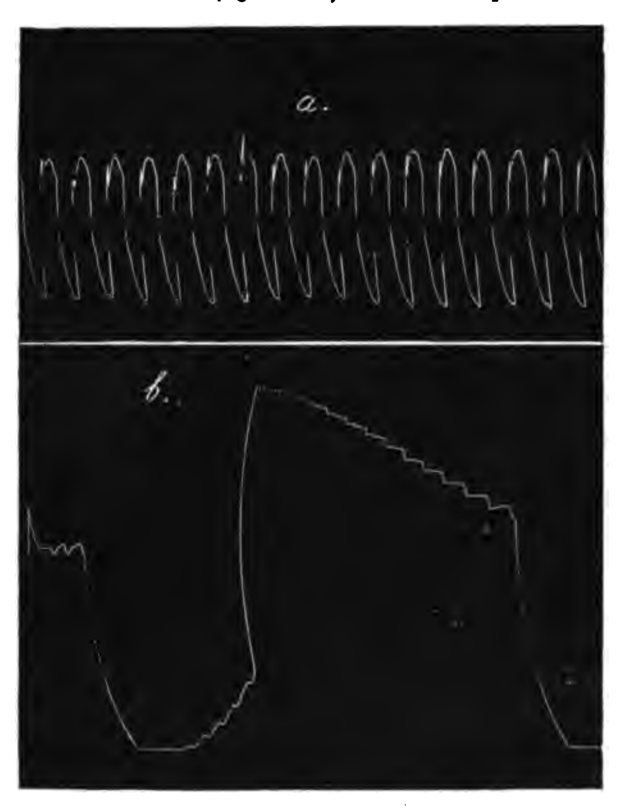


Fig. 35.

que ci-dessus. La section des deux vagues, pratiquée à ce moment, n'apporte aucun changement quelconque à la respiration.

A 4 h., section de la moelle épinière au niveau de la deuxième vertèbre dorsale; des mouvements spasmodiques du diaphragme, moins énergiques et plus rares (3 à 4 par minute) entretiennent encore la vie pendant un quart d'heure.

Autopsie. Section transversale complète du bulbe au niveau des tubercules acoustiques; un caillot sanguin remplit le quatrième ventricule. La moelle dorsale est bien divisée. — Il y a eu probablement dans ce cas une compression des masses grises qui constituent l'origine des nerfs pneumo-gastriques; les phénomènes respiratoires correspondaient, en effet, à ceux qui caractérisent l'élimination de ces nerfs et des voies encéphaliques.

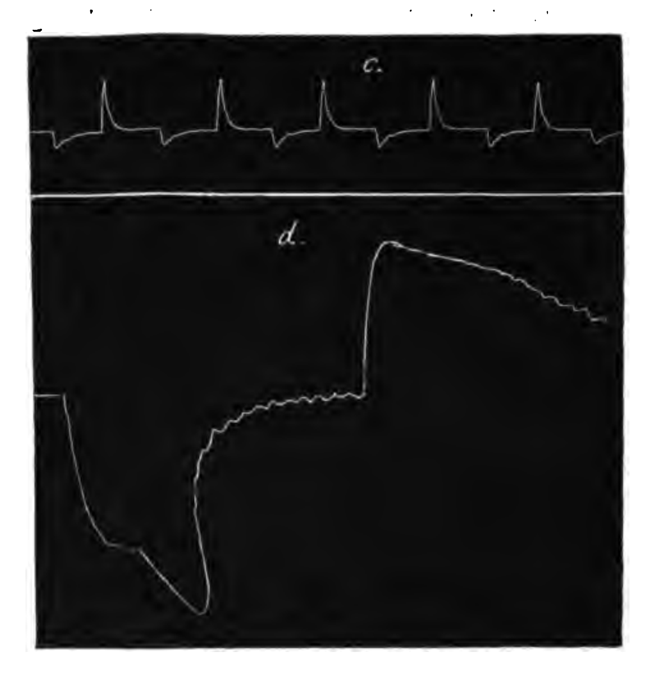


Fig. 36.

Exp. n° 119. 17 octobre 1889. Lapin adulte.

A 9 h., respiration normale, 48 par minute (fig. 37, *a*).

A 9 h. 10 m., section des vagues; 31 respirations par minute (fig. 37, *b*).

A 10 h., section du bulbe sans hémorragie; immédiatement après cette opération, respiration lente, très profonde, parfaitement régulière (fig. 37, *c*); le réflexe oculo-palpébral est aboli; l'excitation mécanique et électrique de la muqueuse nasale ne renforce pas l'expiration.

A 11 h., respiration un peu moins ample, régulière.

A 3 h., respiration plus fréquente et moins ample, mais toujours régulière (fig. 37, *d*).

A 3 h. 35 m., section de la moelle au niveau de la deuxième vertèbre dorsale; après cette opération, nous comptons encore 6 inspirations énergiques, puis la respiration s'arrête; le pincement des pattes postérieures provoque encore des mouvements réflexes et les pulsations du cœur persistent jusqu'à 3 h. 53 m.

Autopsie. Le bulbe est séparé du cerveau au niveau de la ligne de jonction du bulbe

et de la protubérance; la solution de continuité est complète. La section de la moelle dorsale est aussi bien réussie.

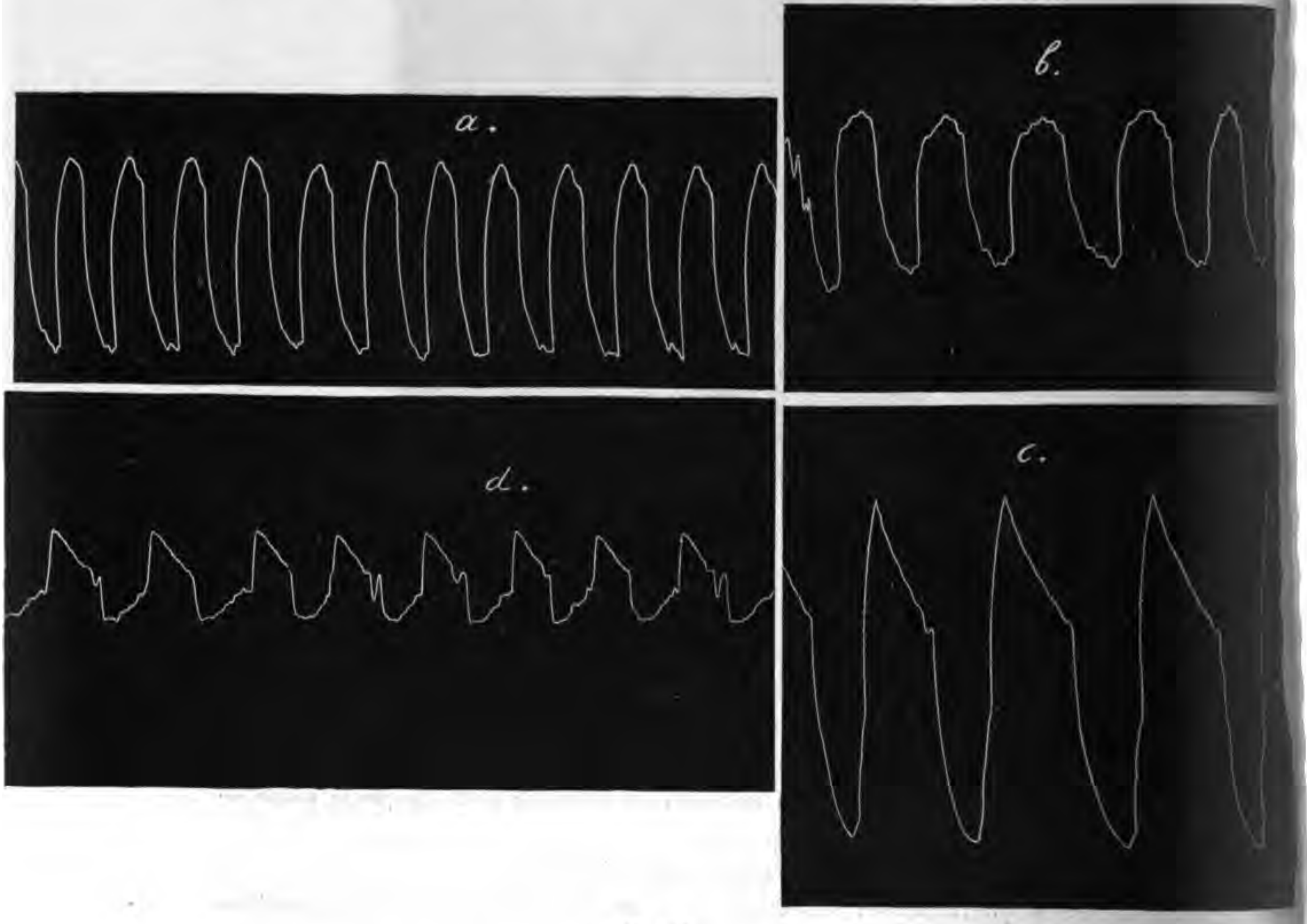


Fig. 37.

Exp. nº 124. 9 novembre 1889. Lapin adulte.

A 8 h. 45 m., section des vagues et du bulbe; mouvements respiratoires très rares, longues pauses entre les inspirations et les expirations; courtes contractions tétaniques du diaphragme (fig. 38, *a*).

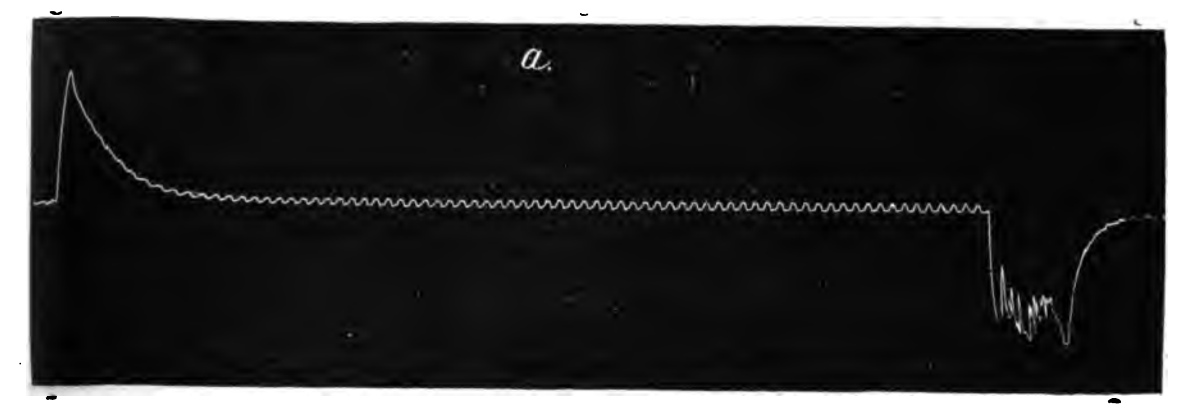


Fig. 38.

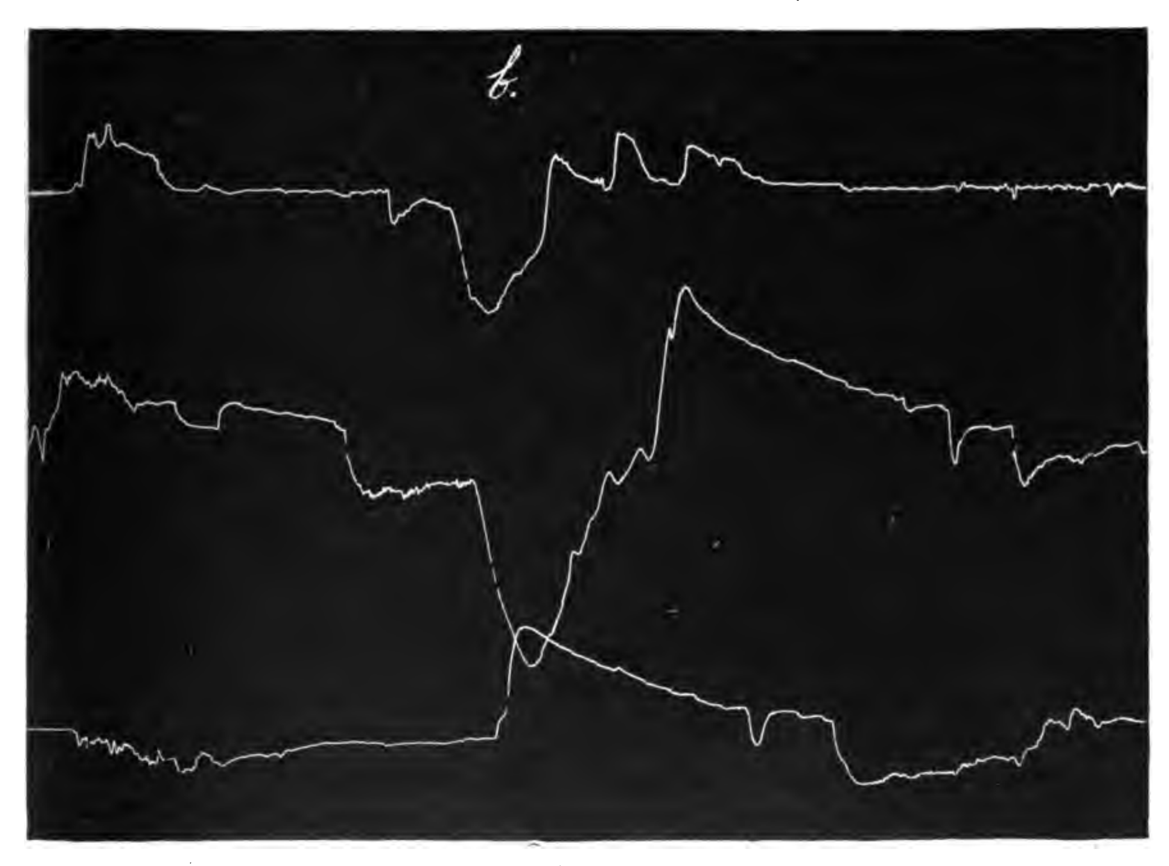


Fig. 39.

A 11 h., la respiration a conservé le même caractère.

A 3 h., l'excitation électrique du nerf sciatique (bout central) produit des effets variés : le courant induit d'intensité moyenne provoque le plus souvent une augmentation de l'amplitude et de la fréquence des mouvements respiratoires; sous l'influence d'un courant fort, arrêt en expiration; des excitations prolongées et réitérées, avec des courants d'intensité variables, rendent en définitive la respiration un peu plus fréquente, mais très irrégulière, comme le montrent les fragments de tracés de la fig. 39, *b*.

A 5 h., nous abandonnons l'animal, toujours enveloppé d'ouate.

Le lendemain, nous le trouvons mort.

Autopsie : Section complète du bulbe, un peu en arrière de la protubérance.

Exp. nº 126. 25 novembre 1889. Jeune lapin.

A 9 h., section des vagues et division de la moelle allongée, comme dans les expériences précédentes. Après cette double opération, nous observons une respiration

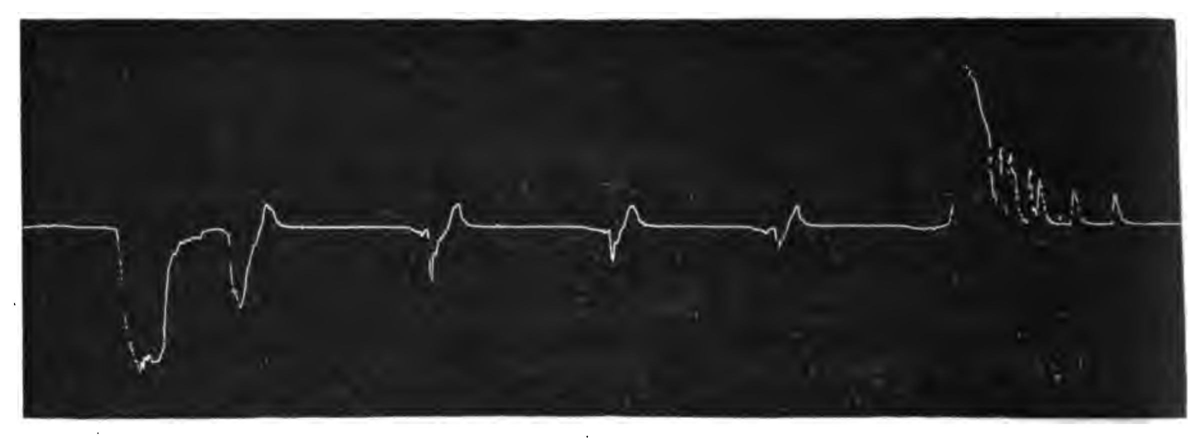


Fig. 40.

étrange, dont la description sera complétée par la fig. 40; le premier mouvement est une inspiration profonde et bruyante, une espèce de ronflement se terminant par une expiration passive un peu moins sonore; les trois ou quatre mouvements respiratoires complets qui suivent, moins profonds, sont silencieux, ainsi que l'expiration active énergique qui précède un nouveau ronflement; tous ces mouvements sont séparés par des intervalles plus ou moins longs; il y a, en moyenne, deux ou trois

ronflements par minute. Ce type respiratoire a persisté sans autre changement que son affaiblissement progressif jusqu'à la mort de l'animal, vers 4 heures. L'excitation électrique minimum du laryngé supérieur, au commencement d'une expiration ronflante, l'arrêtait brusquement; des excitations prolongées de ce nerf, pratiquées en vue de rendre la respiration plus régulière, ou tout au moins plus fréquente, sont restées sans effet.

Autopsie : Le bulbe est divisé 2 millimètres en avant des tubercules acoustiques.

Ces expériences sont concluantes.

Nous avons vu le plus souvent, il est vrai, l'élimination des nerfs pneumogastriques et des voies encéphaliques être suivie de spasmes respiratoires réguliers ou irréguliers, persistant jusqu'à la mort de l'animal; mais plusieurs animaux n'ont pas présenté cet état convulsif et chez quelques-uns les convulsions du début ont cédé la place, au bout d'un certain temps, à une respiration plus normale.

L'appareil respiratoire central du bulbe est donc parfaitement capable d'entretenir le rythme normal de la respiration, même lorsque ses communications avec l'encéphale ont été coupées, et par conséquent les nerfs centripètes du tronc et des extrémités peuvent remplacer l'intervention des voies nerveuses encéphaliques et celle des nerfs pneumo-gastriques[1].

Voilà des résultats peu conformes à ceux qu'a obtenus M. Markwald, et nous pensons qu'il ne faut pas chercher la cause de cette divergence ailleurs que dans la différence des conditions expérimentales. Nous avons émis plus haut quelques doutes sur la perfection du procédé opératoire préconisé par cet expérimentateur, nous n'y reviendrons pas; il nous suffira de constater que la section du bulbe, comme nous l'avons pratiquée, exclut absolument la possibilité d'une communication entre le cerveau et les centres respiratoires bulbaires, et que, d'autre part, cette opération ne risque pas de modifier sensiblement la circulation normale des régions que l'on se propose de conserver intactes; l'emploi intelligent du thermo-cautère met l'opérateur à l'abri d'une

[1] *Langendorff* (Studien über die Innervation der Athembewegungen, *Archiv. für Anatomie und Physiologie*, 1888) est d'accord avec nous sur ce point.

hémorragie de quelque importance et les dangers qui pourraient résulter de la chaleur rayonnante sont écartés si l'on n'opère pas trop près de l'appareil respiratoire central; nous n'avons d'ailleurs pas reconnu l'utilité de nous en approcher plus que nous l'avons fait : la première expérience réussie de cette nouvelle série (exp. 112) nous ayant déjà montré l'absence de spasmes respiratoires chez un animal excérébré et à vagues coupés, nous ne nous sommes pas occupé spécialement du noyau sensitif du trijumeau, auquel M. Markwald attribue le pouvoir particulier de transformer les spasmes irréguliers en spasmes réguliers.

Quant à la diversité des phénomènes que nous avons observés nous-même, elle ne surprendra personne : l'état d'excitation provoqué par une lésion aussi grave du système nerveux central ne peut pas être semblable et avoir la même durée chez tous les sujets, et il est possible que tous nos animaux eussent repris une respiration à peu près normale..... s'ils avaient vécu assez longtemps.

Quoiqu'il en soit, les spasmes qui se présentent assez souvent après l'élimination des voies encéphaliques ne permettent, suivant nous, aucune conclusion sur la nature de l'activité centrale dont nous nous occupons, et nous n'accordons pas aux tubercules quadrijumeaux postérieurs la propriété que leur attribue M. Markwald.

Mais il est à remarquer que, chez les animaux excérébrés, la respiration se ralentit d'abord très sensiblement. La plupart des auteurs l'ont observé et c'est aussi ce qui ressort le plus nettement de toutes nos expériences. Au bout de quelques temps, il est vrai, les mouvements respiratoires s'accélèrent et acquièrent même parfois une fréquence exagérée.

Après l'excérébration (ou la section transversale complète de la partie moyenne ou antérieure du bulbe), le besoin de respirer semble être réduit temporairement à un minimum. Ce phénomène, qui pourrait dans certains cas être attribué à l'hémorragie, s'est présenté aussi lorsque l'animal avait perdu très peu de sang, et nous l'interprétons autrement.

Le besoin de respirer est une des manifestations de la sensibilité. Un animal privé de toute sensibilité ne respire plus, ainsi qu'il est facile de le démontrer par l'expérience suivante, assez délicate, mais très simple et précise, pratiquée souvent par *Schiff* et ses élèves[1] : on sectionne sur une grenouille, dans la cavité crânienne et dans le canal rachidien, les deux nerfs trijumeaux, les deux vagues et les racines postérieures de tous les nerfs spinaux, à l'exception d'une seule; après cette opération, la grenouille respire encore avec lenteur; mais dès que la dernière racine est coupée à son tour, la respiration cesse subitement. Nous supposons donc que, chez l'animal excérébré, l'élimination du cerveau ayant restreint le champ de la sensibilité[2], il faut, dans ces conditions spéciales, une veinosité du sang plus accusée pour provoquer l'excitation des centres respiratoires bulbaires.

Deux facteurs concourraient, suivant nous, à l'excitation physiologique de ces centres : 1° les modifications apportées au chimisme du sang par les combustions de l'organisme et probablement aussi par l'activité musculaire; 2° toutes les impressions reçues à la périphérie et transmises aux organes centraux. L'action du second facteur étant, après l'excérébration, forcément limitée, il faudrait d'abord une activité exagérée du premier pour exciter les centres respiratoires; mais plus tard leur excitabilité s'adapterait aux conditions nouvelles dans lesquelles ils sont appelés à fonctionner.

A l'appui de cette hypothèse, nous rappelons que, dans un certain nombre de cas, quand les pauses respiratoires étaient le plus marquées ou quand il y avait des spasmes prolongés, nous avons pu, par des excitations réitérées portées sur des nerfs sensitifs, faire cesser la contraction tétanique du diaphragme ou des muscles expirateurs, déterminer des séries d'inspirations et d'expirations plus régulières et con-

[1] V. *K. Schipiloff*, Ueber den Einfluss der Nerven auf d. Erweiterung d. Pupille bei Fröschen, *Pflüger's Archiv.*, Bd. 38, p. 256 à 265.

[2] Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que l'ablation totale du cerveau met hors de combat, pour la respiration, les nombreux éléments nerveux disséminés dans cet organe qui servent normalement à la perception des impressions sensitives.

tribuer enfin au rétablissement d'une respiration spontanée de plus en plus fréquente. Nous rappelons aussi que, dans plusieurs expériences, la section de la moelle épinière au niveau des premières vertèbres dorsales, éliminant encore tous les éléments sensitifs du train postérieur, a provoqué un ralentissement considérable de la respiration, suivi bientôt de son arrêt définitif.

Le cerveau peut évidemment exercer une influence sur les muscles qui entrent en jeu dans la respiration. Nous pouvons, dans de certaines limites, accélérer ou ralentir nos inspirations et nos expirations. C'est là un fait banal qui ne nous arrêtera pas longtemps; il n'est pas étonnant, en effet, que les muscles striés de la respiration active soient plus ou moins subordonnés aux centres encéphaliques[1]. Mais la respiration normale est absolument indépendante de notre volonté, et nous ne sommes capables de la tenir suspendue que jusqu'au moment où la veinosité du sang nous fait perdre, avec la conscience de nos mouvements, le pouvoir sur les muscles qui devaient empêcher la respiration automatique. Dans ce cas, ce que l'on appelle la volonté tient à un centimètre cube d'oxygène. Il est bien possible aussi que, dans un air suffisamment comprimé, quelques respirations énergiques nous mettraient dans un état d'apnée où nous ne pourrions plus exécuter à notre gré des inspirations volontaires. Nous ne savons pas si cette expérience dangereuse a été faite.

Quant aux modifications apportées au rythme de la respiration par l'excitation électrique d'un point circonscrit de la couche corticale du cerveau, nous croyons qu'elles sont dues à la présence dans cette région

[1] M. Markwald a constaté, après avoir divisé le bulbe au-dessus (en avant) de l'appareil respiratoire central, que l'application d'un mélange réfrigérant ou de chlorure de sodium sur la surface de section détermine des contractions du diaphragme très fréquentes et irrégulières (Kälte-Dyspnœ et Kochsalz-Dyspnœ), n'ayant aucune analogie avec les mouvements véritablement respiratoires que l'on peut provoquer par l'excitation électrique des centres bulbaires. Il semble résulter de cette expérience — que nous avons répétée nous-même — qu'un certain nombre de fibres motrices des cordons latéraux se rendent directement aux nerfs phréniques sans toucher les centres respiratoires; ces faisceaux seraient probablement ceux qui transmettent les impulsions volontaires dont nous parlons, provenant de l'écorce cérébrale.

d'un certain nombre d'éléments sensitifs ou sensoriels. La plupart des physiologistes admettent aujourd'hui que les fonctions des centres dits moteurs de l'écorce cérébrale ne sont pas exclusivement motrices. *Schiff* y voit des conducteurs de la sensibilité au contact; *Munk* a essayé de déterminer des sphères sensitivo-motrices et des sphères sensorielles, les premières, superposées à la zone motrice connue, les secondes, situées plus en arrière; pour *Luciani*, les différentes formes de sensibilité cutanée et musculaire auraient leur siège principal dans la zone dite motrice; pour *Horsley*, la fonction de la zone motrice est triple : 1° sensation tactile; 2° sensation musculaire, locomotion et mouvement; 3° force motrice désordonnée. Ne nous est-il donc pas permis de nier l'existence de centres respiratoires corticaux et de considérer comme réflexes les troubles de la respiration provoqués par l'excitation de la corticalité?

En résumé, nous connaissons l'action restreinte que le cerveau peut exercer sur les muscles respirateurs comme sur tous les mouvements volontaires et nous supposons que, par sa sensibilité, le cerveau peut avoir une influence encore peu connue sur le rythme de la respiration.

Mais la respiration pouvant fort bien s'accomplir sans le concours du cerveau, nous admettons qu'*il n'y a pas des centres respiratoires encéphaliques*.

Appendice au chapitre III.

Ce travail était rédigé lorsque MM. *Horsley* et *Semon* ont démontré l'existence d'un centre vocal qui agit bilatéralement et se trouve situé, chez le singe, derrière l'extrémité postérieure du sulcus præcentralis. Ces auteurs supposent que des fibres de communications associent les centres vocaux encéphaliques et les centres respiratoires bulbaires dans le rire et le sanglot, qui demandent l'action des deux appareils centraux.

CHAPITRE IV

L'APPAREIL RESPIRATOIRE CENTRAL DU BULBE.

Il résulte de tout ce qui précède que pour nous les véritables centres respiratoires ne siègent ni dans l'encéphale ni dans la moelle proprement dite. Nous les plaçons sans aucune hésitation dans le bulbe.

Mais il nous est impossible de décrire un amas de cellules ganglionnaires correspondant à l'idée que l'on se fait généralement d'un centre.

La délimitation grossière de l'appareil respiratoire central est facile. Il est évidemment compris entre deux lignes parallèles passant : la première, par le bord antérieur des ailes grises ; la seconde, au niveau du bec du calamus scriptorius. C'est ce que démontrent très nettement les deux expériences suivantes, que nous choisissons parmi un certain nombre de cas où deux sections transversales pratiquées du même côté, sur les points désignés, ont fourni les symptômes connus de l'élimination du centre : cessation des mouvements respiratoires de la tête du côté de la lésion et hémiplégie respiratoire homologue.

Exp. n° 70. Lapin adulte.

17 mai 1889. La membrane occipito-atloïdienne est mise à nu et incisée sur la ligne médiane ; on pratique alors, avec une aiguille à cataracte, une section transversale de la partie postérieure de la moitié latérale droite du bulbe, à peu près au niveau du noyau du facial. On constate, immédiatement après l'opération, la cessation des mouvements respiratoires de la tête du côté de la lésion ; l'animal se remet d'ailleurs

très bien; il n'y a pas de roulement; l'hémorragie est très peu abondante, la respiration du tronc est restée bilatérale.

Le 18, le lapin va bien; pas de mouvements respiratoires du naseau droit.

Le 20, mêmes symptômes.

Le 22, les mouvements respiratoires de la face sont toujours unilatéraux; on pratique une hémisection de la moelle cervicale droite 1 millimètre en arrière du bec du



Fig. 41.

calamus scriptorius, hémiplégie respiratoire droite persistant jusqu'à la mort de l'animal, tué le 25 mai.

L'examen de la pièce durcie a établi que la première incision avait divisé toute la partie postérieure de la moitié latérale droite du bulbe à une profondeur de 4 millimètres, à la partie antérieure du noyau du facial. Un tronçon de ce nerf, préparé à sa sortie du trou stylo-mastoïdien, a montré un commencement de dégénération wallérienne. L'hémisection de la moelle cervicale était complète. Nous donnons (fig. 41), la photographie du bulbe et de la partie antérieure de la moelle cervicale de ce lapin.

Exp. n° 125. Lapin adulte.

11 novembre 1889. Section de la moitié latérale gauche de la moelle, au niveau de la ligne de jonction de la moelle cervicale et du bulbe. Hémiplégie respiratoire.



Fig. 42.

18 novembre. On met à nu les côtes gauches sur une petite étendue et l'on peut

constater qu'elles ne sont pas soulevées dans les mouvements respiratoires. On recoud la plaie et on pratique alors, comme dans l'expérience précédente, une petite section transversale dans la région du noyau du facial droit, suivie de la cessation des mouvements respiratoires du naseau correspondant.

19 novembre. Mêmes phénomènes qu'hier. Pas de respiration nasale à droite.

20 novembre. Mêmes phénomènes. L'animal est malade. Hémisection médullaire à droite, au niveau du bec du calamus. La respiration s'arrête subitement. La photographie de la pièce durcie (fig. 42) montre assez bien les lésions. La première hémisection à gauche paraît avoir été le siège d'une inflammation chronique.

Le résultat des recherches anatomiques et expérimentales impose la conviction que les centres respiratoires sont pairs, situés symétriquement de chaque côté de la ligne médiane, et qu'ils communiquent entre eux par un certain nombre de fibres traversant le raphé. Nous croyons avoir établi en outre, comme Knoll mais d'une autre façon, qu'il y a, sinon toujours et chez tous les animaux, tout au moins le plus souvent chez le chien, le chat, le cobaye, le lapin, un second entrecroisement en arrière du bec du calamus, nous ne savons pas exactement à quel niveau.

Mais on n'est pas parvenu à découvrir un îlot de substance grise bien isolé des noyaux des nerfs crâniens, dont la destruction détermine l'arrêt immédiat et définitif de la respiration et auquel par conséquent convienne incontestablement le nom du *centre respiratoire* au sens usuel de ce mot; nous n'avons pas été plus heureux que nos devanciers et — *sit venia verbo* — nous croyons qu'une telle découverte ne sera jamais faite.

L'exploration du bulbe est fort délicate.

Nous ne nous faisons aucune illusion sur la valeur des conclusions que l'on pourrait être tenté de tirer de l'excitation électrique, chimique ou mécanique de telle ou telle région de cet organe compliqué. Nous avons d'emblée renoncé à toute expérience de cette nature et nous pensons qu'il serait oiseux de nous justifier sur ce point.

L'ablation systématique des diverses masses grises de la région qui

nous occupe donne des résultats moins contestables, lorsqu'elle est accompagnée, pour chaque cas, de l'examen minutieux de la lésion pratiqué sur la pièce durcie et à l'aide du microtome et du microscope. Ces opérations ne sont pas faciles, elles réclament une main habile et des instruments d'une grande finesse; l'hémorragie plus ou moins abondante qui les accompagne toujours risque fort d'en compromettre la réussite; enfin, même dans les conditions les plus favorables, la connaissance que nous avons aujourd'hui des phénomènes qui peuvent résulter du traumatisme nous impose l'obligation d'être très réservés dans nos conclusions. Mais des recherches persévérantes dans ce domaine peuvent mettre au jour deux ordres de faits dont l'interprétation ne saurait être équivoque:

1° Tous les faits négatifs, c'est-à-dire la persistance de la respiration normale après l'élimination de tel ou tel noyau gris que, par conséquent, nous ne sommes pas autorisés à considérer comme le centre respiratoire unique.

2° L'apparition d'une respiration unilatérale, observée pendant plus de 24 heures après telle lésion bien déterminée d'une moitié latérale du bulbe; ici, comme dans l'étude des prétendus centres spinaux, l'hémiplégie respiratoire est un symptôme précieux qui, immédiatement après l'opération, pourrait être attribué au traumatisme, mais qui acquiert à nos yeux une valeur réelle toutes les fois qu'il persiste jusqu'au lendemain ou plus longtemps encore. On n'oubliera pas d'ailleurs, nous le répétons, que l'appareil respiratoire central est double, qu'il y a des communications entre ses deux moitiés latérales et un entrecroisement infra-bulbaire, dont nous avons déjà parlé, et qu'en conséquence l'hémiplégie respiratoire peut, dans la dyspnée, se transformer en une respiration bilatérale à peu près normale.

Voici en résumé les résultats de nos recherches personnelles, qui sont loin d'être complètes et dont la relation *in extenso* ne nous semble pas devoir entrer dans le cadre de ce travail.

Nous avons pu extirper, avec toute la partie médiane postérieure du

plancher du quatrième ventricule (et par conséquent le noyau de l'hypoglosse), au moins les deux tiers internes de chacune des deux ailes grises, sans déterminer l'arrêt définitif de la respiration, qui a persisté dans un cas pendant 48 heures. Nous avons enlevé des deux côtés le noyau du corps restiforme, sans résultat apparent. L'élimination du noyau sensitif du trijumeau ne nous a montré qu'un ralentissement momentané des mouvements respiratoires. Mais nous n'avons jamais pu pratiquer l'ablation de la partie la plus externe de la masse cellulaire qui constitue l'aile grise, ni la destruction totale du noyau postérieur du pneumogastrique (Dean), sans provoquer la cessation de la respiration du côté correspondant, quand l'opération était unilatérale, ou la mort subite, quand elle était faite des deux côtés. Il est d'ailleurs très difficile et dans certains cas absolument impossible de suivre avec l'instrument tranchant le bord externe de l'aile grise, ou d'extirper tout le noyau postérieur du pneumogastrique, sans couper quelques fibres du faisceau respiratoire dont le rôle important dans la respiration nous semble indiscutable.

Nous avons constaté chez le lapin :

1° Que la section de la portion longitudinale la plus céphalique de ce faisceau peut faire cesser temporairement les mouvements respiratoires de la tête et ceux du tronc du même côté, mais que ces symptômes ne persistent pas longtemps.

2° Que lorsqu'il est sectionné dans son segment moyen, ou au niveau du bec du calamus, ou dans la formation réticulée, la respiration unilatérale devient permanente, avec les restrictions que nous avons faites.

3° Que la section bilatérale du faisceau respiratoire produit fatalement la mort par arrêt de la respiration.

Ce faisceau est-il le centre respiratoire proprement dit?

Nous essaierons de répondre plus loin à cette question.

Entrons d'abord dans quelques considérations générales.

Au point de vue strictement physiologique, nous faisons abstraction de la spontanéité dans les manifestations de l'action nerveuse centrale,

toute activité des êtres vivants étant en réalité sous la dépendance des agents extérieurs. Le centre est le sommet de l'arc réflexe, le point où la sensation fait place au mouvement[1]. Nous ne comprenons les centres dits moteurs qu'en y faisant arriver des voies centripètes ou intercentrales sensitives ou sensorielles. Quant à l'appareil respiratoire central en particulier, nous ne lui reconnaissons pas un véritable automatisme; immédiatement après l'élimination des éléments centripètes qui règlent habituellement son activité, il fournit parfois des impulsions motrices spasmodiques et dans ce cas ce n'est qu'au bout d'un certain temps qu'on voit se rétablir une respiration plus ou moins régulière; s'il était possible de supprimer chez l'animal à température constante, comme nous pouvons le faire chez la grenouille, toute la sensibilité corporelle qui arrive aux organes centraux par les voies médullaires, il est très probable que le centre respiratoire serait ainsi mis hors de combat.

La section de tous les nerfs sensitifs de la grenouille démontre que cet animal, privé de sensibilité, ne respire plus, que la sensibilité générale est chez lui une condition *sine qua non* de la respiration, que sa respiration doit donc être considérée comme un acte réflexe. En serait-il autrement chez les vertébrés supérieurs? Nous ne le croyons pas. A priori notre raison se refuse à admettre qu'une fonction aussi importante que la respiration puisse, dans le même embranchement du règne animal, présenter des différences fondamentales; le mécanisme peut varier avec les appareils moteurs, mais il est plus que probable que les excitants sont uniformes. A posterori nos expériences nous ont convaincu que chez les chiens, les chats, les lapins, les cobayes, les rats, la respiration se ralentit à mesure que l'on élimine les régions sensibles qui se trouvent normalement en communication avec les centres.

[1] Nous disons : où la sensation fait place au mouvement, et non pas : où la sensation se transforme en mouvement. Nous ne comprendrions pas, en effet, cette transformation. Nous croyons que la sensation est déjà une expression du mouvement, et les phénomènes que l'on considère communément comme étant d'ordre moteur sont pour nous simplement des manifestations d'un mouvement rendu appréciable à la vue.

L'influence de la sensibilité sur la respiration ressort aussi avec évidence des nombreuses expériences, et entre autres de celles qu'ont faites récemment MM. Ch. Richet et Langlois [1], desquelles il résulte que les anesthésiques diminuent sensiblement la force des mouvements respiratoires (surtout de l'expiration).

Enfin, si la respiration était due uniquement à l'action sur les centres bulbaires du sang chargé des divers produits de l'activité des tissus, il n'en resterait pas moins vrai que, stimulée par des excitants extrinsèques, elles ne constitue pas un acte *spontané*.

En résumé, nous croyons que les centres de la respiration reçoivent des excitations chimiques, mais sont aussi sous la dépendance de la sensibilité périphérique, et nous admettons que c'est l'ensemble de diverses excitations qui détermine l'impulsion respiratoire rythmique normale.

Les voies centripètes de l'appareil respiratoire central sont sans nul doute très nombreuses. Nous ne connaissons pas de nerfs sensitifs ou sensoriels dont l'excitation n'ait aucune influence quelconque sur la respiration ; les uns semblent exercer leur action dans la fonction régulatrice des centres, les autres portent au centre des impressions qui déterminent des mouvements d'inspiration ou d'expiration. Mais nous n'avons pas à nous occuper de toutes ces intéressantes questions, nous n'avons étudié dans ce travail que ce qui se rapporte directement à la représentation que nous devions nous faire de l'appareil central et à la description que nous eussions voulu pouvoir en donner avec plus d'exactitude.

Nous croyons, avec la plupart des auteurs, que le nerf pneumogastrique est la voie centripète la plus importante. Nous n'acceptons qu'avec réserve la théorie de Hering et Breuer, suivant laquelle la succession rythmique des mouvements d'inspiration et d'expiration serait

[1] Citées dans les divers comptes rendus du premier congrès international de physiologie, à Bâle, en septembre 1889.

due aux impressions différentes reçues par ce nerf dans l'expansion et le retrait alternatifs des alvéoles pulmonaires; car les mouvements du diaphragme conservent leur rythme régulier après la section des deux nerfs de la dixième paire, et il en est de même — pour un certain temps — lorsque la cavité thoracique est largement ouverte des deux côtés; mais il résulte de notre dernière série d'expériences (v. chapitre III) que la section des deux pneumogastriques, pratiquée après l'élimination préalable des voies encéphaliques, a le plus souvent pour conséquence une perturbation profonde de la respiration, l'animal ne vivant plus alors que quelques heures, en proie à des spasmes respiratoires qui parfois persistent sans modification jusqu'à la mort.

Outre le pneumogastrique, le trijumeau et les voies encéphaliques dont nous avons parlé au chapitre précédent jouent vraisemblablement un rôle dans la respiration normale, et nous n'admettons pas que l'action des nerfs sensitifs du tronc et des extrémités soit sans importance, puisque nous les avons vus capables de rendre une certaine régularité à la respiration altérée par l'élimination des autres voies centripètes.

Toutes ces voies centripètes doivent aboutir directement ou indirectement à la zone de Legallois. Là se trouve évidemment le grand carrefour où arrivent toutes les impressions périphériques et d'où émanent toutes les impulsions motrices coordonnées de la respiration du tronc et de la respiration faciale. Mais il nous est impossible d'en faire une description exacte et détaillée; tout ce que nous pouvons en dire, c'est que, comme M. Gierke, nous y avons cherché en vain un noyau gris isolé qui pût être considéré comme un véritable *centre respiratoire*. Nous supposons que toutes les parties sensibles du corps délèguent un certain nombre de fibres qui se mettent en communication avec des éléments cellulaires plus ou moins disséminés dans cette région. Ces cellules et les noyaux des pneumogastriques constitueraient les origines des grandes voies centrifuges.

Quelles sont ces voies? Pour les mouvements respiratoires de la tête, il ne peut pas y avoir d'hésitation, c'est sans contredit le nerf

facial. Pour la respiration du tronc, nous croyons pouvoir dire avec certitude que c'est le faisceau respiratoire (Bündelformation de Stilling). Les noyaux de la septième paire sont en connexion presque immédiate avec l'appareil respiratoire central; pour supprimer complètement les mouvements respiratoires de la face, il faut faire la lésion sur les origines mêmes du nerf qui va se rendre dans ses muscles; le faisceau respiratoire, au contraire, est un tronçon de ligne, une large voie centrifuge primitive traversant le carrefour central et se ramifiant plus loin pour se mettre en communication avec les masses grises de la moelle épinière d'où partent tous les nerfs respiratoires du tronc.

Nous avons étudié spécialement ce faisceau en pratiquant des séries de coupes longitudinales et transversales de plusieurs bulbes durcis de chiens, de chats et de lapins. Il naît vers la partie postérieure du noyau de la septième paire, avec lequel il paraît être en communication par un certain nombre de fibres, et s'étend en arrière jusqu'au commencement de la moelle proprement dite, où il se perd dans la formation réticulée. Il reçoit des fibres du noyau postérieur du trijumeau, des noyaux antérieur et postérieur du pneumogastrique et de celui de l'accessoire de Willis. Il est entouré de substance grise qui, sur certains points, pénètre dans son intérieur. On distingue très nettement dans le raphé la décussation d'un certain nombre de fibres provenant des deux faisceaux symétriques.

Nous disons que nous considérons le faisceau respiratoire comme la grande voie centrifuge de la respiration du tronc; nous ne pensons pas, en effet, qu'on puisse légitimement lui attribuer un autre rôle. Nous avons vu que l'on peut couper successivement, à quelque distance de la zone de Legallois, le plus grand nombre des voies sensitives qui la mettent en communication avec le cerveau et les poumons; la respiration persiste, d'abord profondément altérée, mais pouvant reprendre petit à petit une régularité à peu près normale; les centres semblent s'accoutumer à fonctionner avec une sensibilité considérablement diminuée. Nous avons vu aussi que l'on peut, sans anéantir la respiration, diminuer

considérablement le nombre des éléments sensitifs qui concourent à la formation du centre, en éliminant l'une après l'autre la plupart des masses grises situées dans ce que nous appelons l'espace dangereux. La simple section du faisceau respiratoire, au contraire, fait cesser subitement tous les mouvements respiratoires du tronc. On peut, à l'aide d'une lame fine, d'une aiguille à cataracte, par exemple, piquer presque tous les points de la zone centrale sans modifier la respiration, mais la piqûre transversale de l'un des deux faisceaux produit immédiatement l'hémiplégie respiratoire que nous avons décrite. Nous en concluons que cette dernière lésion a détruit l'origine de l'appareil moteur. Et si M. Gierke a pu observer une respiration bilatérale presque normale dans les cas où il n'a laissé, d'un côté de la ligne médiane, que le faisceau respiratoire et les parties qui l'entourent, c'est que, dans cette opération, il a dû nécessairement épargner assez de masse grise pour que la fonction centrale ne fût pas abolie; les cellules qui sont accolées au faisceau respiratoire sont peut-être les plus importantes et il est évidemment impossible de l'en isoler complètement, même avec l'instrument le plus fin.

En résumé, nous ne connaissons pas deux centres respiratoires bien circonscrits, mais nous admettons l'existence d'un *appareil respiratoire central* double, très compliqué, constitué par les différents points de contact des nombreux éléments que nous venons d'énumérer.

Le faisceau respiratoire, dont les fibres se dissocient dans le réseau de Deiters, concourt probablement plus loin à la formation des nerfs respiratoires du tronc. C'est là une hypothèse pleinement justifiée par les faits.

Nous ne croyons pas devoir aborder ici la question de l'existence ou de la non-existence de centres inspirateurs et de centres expirateurs. Nous supposons que l'inspiration et l'expiration ont chacune leur appareil central propre, dont les voies centrifuges sont connues mais dont l'étude réclamerait des expériences très précises sur toutes les voies centripètes qui exercent une influence sur la respiration. Nous admet-

tons d'ailleurs que les centres d'inspiration sont les seuls véritablement actifs dans la respiration normale.

CONCLUSIONS

I. La respiration normale est régie par un appareil central unique siégeant dans le bulbe.

II. Cet appareil est situé symétriquement à droite et à gauche de la ligne médiane. Ses deux moitiés latérales communiquent entre elles par des fibres émanant de chacun des deux faisceaux respiratoires, passant dans le raphé et gagnant le faisceau du côté opposé.

III. Chacune des deux moitiés latérales du bulbe peut présider à la respiration bilatérale du tronc, et après l'hémisection de la moelle cervicale antérieure on trouve des fibres dégénérées dans les deux cordons antéro-latéraux en arrière de la lésion. La physiologie expérimentale et l'anatomie établissent ainsi l'existence d'un autre entre-croisement rétrobulbaire des éléments moteurs du système respiratoire.

IV. Les voies centripètes de l'appareil respiratoire central sont : les nerfs pneumogastriques, les trijumeaux et probablement un certain nombre de fibres de tous les nerfs sensitifs de la peau, des muqueuses, des organes des sens et des viscères. Les éléments centraux sont les noyaux des nerfs pneumogastriques et sans nul doute aussi de nombreux groupes cellulaires disséminés dans la zone de Legallois. Les voies centrifuges sont les deux nerfs de la septième paire et les deux faisceaux respiratoires du bulbe.

V. L'appareil central se subdivise probablement en deux systèmes

spéciaux, l'un servant à l'inspiration et l'autre à l'expiration. Mais pour élucider cette question de nouvelles recherches sont nécessaires.

VI. Il n'existe dans la moelle épinière aucun centre respiratoire proprement dit, mais il s'y trouve des éléments moteurs communiquant avec l'appareil respiratoire central du bulbe.

VII. Il n'y a pas non plus de véritables centres respiratoires encéphaliques.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — No 5.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

NOTE

SUR

L'IMPOSSIBILITÉ DE FAIRE PASSER

DE LA

CHALEUR D'UN CORPS PLUS FROID

DANS UN

CORPS PLUS CHAUD

SOUS FORME RAYONNANTE

PAR

C. CELLÉRIER



GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

NOTE

SUR

L'IMPOSSIBILITÉ DE FAIRE PASSER

DE LA

CHALEUR D'UN CORPS PLUS FROID DANS UN CORPS PLUS CHAUD

SOUS FORME RAYONNANTE

§ 1.

Lois de la réflexion et de la réfraction.

Dans ce qui suit nous nommerons radiation tout ensemble ou faisceau très mince de rayons, liés entre eux par une certaine loi, chaque rayon étant une ligne géométrique, suivant les lois connues de la réflexion et de la réfraction; mais nous devons d'abord donner à ces dernières une forme particulière.

Soient H (a, b, c), H' (a', b', c') deux points fixes, rapportés à trois axes rectangulaires; M (x, y, z) un point variable d'une certaine surface, S, séparant deux milieux, ρ et ρ' les distances MH, MH'. Nous regardons z comme une fonction connue de x, y : cela posé si H et H' sont d'un même côté de S, ou dans le même milieu, et que l'on nomme I le point de la surface où un rayon venant de H se réfléchirait sur H', l'expression $\rho + \rho'$ jouit de la propriété que si l'on compare sa valeur pour le point I et pour un point voisin M, la différence de ces deux valeurs est un

infiniment petit du deuxième ordre si la distance MI est du premier. Si au contraire H' est dans un second milieu, dont l'indice de réfraction par rapport au premier soit N, alors c'est la fonction $\rho + N\rho'$ qui jouira de la même propriété, le point I étant dans ce cas celui où un rayon parti de H se réfracterait de façon à parvenir en H'. Le premier cas est compris dans le second en remplaçant N par 1, et il est clair qu'il suffit de vérifier que pour le point I les deux équations $d(\rho + N\rho')/dx = o$, $d(\rho + N\rho')/dy = o$, sont satisfaites en y regardant z comme fonction des deux variables indépendantes x et y. Cela étant exact pour toute position des axes, nous pouvons bien supposer celui des z parallèles à la normale au point I, ce qui fera disparaître les termes multipliés par dz/dx, dy/dz et réduira les relations à vérifier à

$$\frac{x-a}{\rho} + N\frac{x-a'}{\rho'} = o \qquad \frac{y-b}{\rho} + N\frac{y-b'}{\rho'} = o$$

Si même nous prenons le plan d'incidence pour celui des xz, nous aurons $y = b = b' = o$, ce qui rend identique la seconde relation, tandis que dans la première $(x - a)/\rho$, et $-(x - a')/\rho'$ sont les cosinus des angles que font les deux rayons, pris dans le sens de leur propagation, avec l'axe des x; de la sorte la première relation ci-dessus est évidemment satisfaite dans le cas de la réfraction, les deux cosinus ci-dessus étant des sinus d'incidence et de réfraction tandis que dans le cas de la réflexion, où $N = 1$, ils doivent bien être égaux et de même signe.

Il n'en faudrait pas conclure que l'expression $\rho + N\rho'$ fût un minimum, comme cela a lieu quand la surface S est plane. Par exemple si celle-ci est une portion de sphère concave, et qu'il y ait réflexion, l'expression $\rho + \rho'$ sera bien minima pour le point I si les points H, H' sont suffisamment rapprochés, mais s'ils sont très éloignés, elle sera maximum, c'est-à-dire diminuera quand le point M s'écartera de I sur la surface dans une direction quelconque. Il pourra arriver aussi dans d'autres cas qu'elle augmente pour certaines directions et diminue pour d'autres.

§ 2.

Expression géométrique de l'équilibre des températures.

Sur deux surfaces quelconques entre lesquelles il y a échange de chaleur rayonnante, considérons spécialement deux très petites portions ω et ω', de sorte que les rayons passant de l'une à l'autre subissant en route une série de réflexions ou réfractions suivent une marche peu différente. Pour tout point C′ pris sur ω' il existe un certain ensemble de rayons qui finissent par atteindre ω; ces rayons forment un cône très mince de sommet C′, et dont nous nommerons s l'amplitude sphérique, c'est-à-dire l'aire qu'il intercepte sur une sphère de centre C′ et de rayon 1. Il est évident que si l'on donne au point C′ une autre position sur ω' cette aire s varie très peu, la variation étant très petite par rapport à s elle-même. L'angle des divers rayons avec la normale à ω' varie aussi très peu, et si nous le nommons i', la quantité de chaleur émise par ω' pendant un petit instant θ sera évidemment proportionnelle à ce temps, à l'amplitude s, à la surface ω' puisque l'amplitude est la même pour tous les points, et en outre, d'après une loi connue, au sinus de l'angle que font les rayons avec la surface, ou à $\cos i'$; elle pourra donc être représentée par $K' \omega' s \theta \cos i' \varphi(t)$, K′ étant le pouvoir émissif de la surface et $\varphi(t)$ une fonction de la température ne dépendant en outre que du milieu où se trouve le corps, ou du milieu d'émission; en nommant K le pouvoir émissif de ω, lequel est aussi son pouvoir absorbant, la quantité de chaleur émise par ω' et absorbée par ω pendant le temps θ sera par suite $KK' \omega' s \theta \cos i' \varphi(t)$, et celle qui est émise par ω et absorbée par ω' sera de même s'ils sont dans le même milieu, $KK' \omega s' \theta \cos i \varphi(t)$, i étant l'angle du rayon partant de ω ou y arrivant, avec la normale à ω. En laissant de côté l'absorption produite par les milieux intermédiaires nous allons démontrer que les expres-

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — N° 5.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

NOTE

SUR

L'IMPOSSIBILITÉ DE FAIRE PASSER

DE LA

CHALEUR D'UN CORPS PLUS FROID

DANS UN

CORPS PLUS CHAUD

SOUS FORME RAYONNANTE

PAR

C. CELLÉRIER



GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

comme déterminée par les valeurs de x_1, y_1, en fonctions de deux variables φ et ψ, ces deux relations auront lieu pour toute valeur de φ et ψ, et nous aurons par suite

$$\frac{d.\left(\frac{du}{dx_1}\right)}{d\varphi} = o \qquad \frac{d\left(\frac{du}{dy_1}\right)}{d\varphi} = o,$$

résultat dans lequel il est préférable de mettre en évidence les dérivées partielle de u par rapport aux diverses lettres x, y, x_1, .. considérées, pour cette dérivation seulement, comme toutes indépendantes, z étant fonction de x, y_1, etc. Alors, en observant que dans l'expression précédente toutes les parties de u ont disparu sauf

$$\frac{MM_1}{V} + \frac{M_1M_2}{V_1}$$

nous pourrons les représenter par $R = o$, $R' = o$, en posant

$$R = \frac{d^2u}{dxdx_1}\frac{dx}{d\varphi} + \frac{d^2u}{dx_1{}^2}\frac{dx_1}{d\varphi} + \frac{d^2u}{dx_1dx_2}\frac{dx_2}{d\varphi} + \frac{d^2u}{dydx_1}\frac{dy}{d\varphi} + \frac{d^2u}{dx_1dy_1}\frac{dy_1}{d\varphi} + \frac{d^2u}{dx_1dy_2}\frac{dy_2}{d\varphi},$$

et nommant R' ce qui devient R quand on remplace partout dans les dérivées de u une dérivation relative à x_1 par une relative à y_1.

Si une seconde radiation est définie par certaines valeurs de x, y, .. en fonction de nouvelles variables φ', ψ', nous trouverions de même

$$R'' = o, \qquad R''' = o,$$

en nommant R'', R''' ce que deviennent R, R', en remplaçant partout la lettre φ par φ'; de sorte que ces deux nouvelles équations auront lieu pour tous les systèmes de valeur de x, y, .. qui correspondent aux divers rayons de la nouvelle radiation; ces valeurs par suite ne sont pas les mêmes que pour la première; toutefois, nous admettrons que les deux radiations aient un rayon commun; alors, en attribuant à x, y, .. les valeurs qui lui correspondent, nous aurons à la fois $R = R' = R'' = R''' = o$, et, par suite,

$$R\frac{dx_1}{d\varphi'} + R'\frac{dy_1}{d\varphi'} - R''\frac{dx_1}{d\varphi} - R'''\frac{dy_1}{d\varphi} = o$$

Or, en substituant dans cette équation les valeurs de R, R', .. on trouve que les dérivées d^2u/dx_1^2, d^2u/dy_1^2, d^2u/dx_1dy_1 disparaissent et que le résultat prend la forme symétrique

$$(2) \qquad Q - Q' = Q_1 - Q'_1$$

en posant pour abréger

$$(3) \qquad A = \frac{d^2u}{dxdx_1}\frac{dx}{d\varphi} + \frac{d^2u}{dydx_1}\frac{dy}{d\varphi}, \qquad B = \frac{d^2u}{dxdy_1}\frac{dx}{d\varphi} + \frac{d^2u}{dydy_1}\frac{dy}{d\varphi},$$

$$Q = A\frac{dx_1}{d\varphi'} + B\frac{dy_1}{d\varphi'}$$

puis nommant Q' ce qui devient Q si l'on y échange partout entre elles les lettres φ et φ', enfin désignant par Q_1, Q_1' ce que deviennent Q et Q' quand on augmente d'une unité chaque indice, c'est-à-dire quand on remplace x, y, x_1, y_1, par x_1, y_1, x_2, y_2, respectivement.

Nommons encore Q_1, Q_1', Q_2, Q_2', etc., ce que deviennent Q, Q' quand on continue de faire croître tous les indices d'une unité; alors, en considérant les conditions générales $du/dx_{n'} = o$, $du/dy_{n'} = o$, et leur appliquant les mêmes raisonnements que nous avons faits pour $du/dx_1 = o$, $du/dy_1 = o$, puis, prenant pour n' tour à tour 1, 2, 3, .. $n - 1$, l'équation (2) deviendra

$$(4) \qquad Q - Q' = Q_1 - Q'_1 = Q_2 - Q'_2 = \ldots = Q_{n-1} - Q'_{n-1}$$

relation remarquable qui lie directement les expressions Q, Q', Q_{n-1}, Q'_{n-1}, lesquelles se rapportent seulement aux conditions dans lesquelles s'effectuent le premier et le dernier trajet du rayon commun aux deux radiations.

§ 5.

Application du résultat précédent à deux radiations émanées d'un point unique.

Admettant maintenant que la première radiation soit formée du faisceau conique émis par un point C' de ω', et venant tomber sur ω de façon que l'aire qu'il intercepte sur le plan secondaire soit sensiblement proportionnelle à ω; nous désignerons cette aire par ε, nous désignerons par ε' ce que devient cette aire pour la seconde radiation, laquelle sera formée du rayon qui, partant d'un point C choisi sur ω, vient rencontrer ω'; ces deux radiations ont un rayon commun, savoir celui qui va de C en C', et les équations (4) auront lieu pour celui-là; mais, en vertu de la première radiation, tous les rayons partant de C', ses coordonnées x_n, y_n, sont constantes par rapport à φ, de sorte que l'on a $dx_n/d\varphi = o$, $dy_n/d\varphi = o$, et, par suite, $Q'_{n-1} = o$; de même pour la seconde radiation, les coordonnées du point C, x, y, étant constantes, on aura $dx/d\varphi' = o$, $dy/d\varphi' = o$, et, par suite, $Q' = o$, et nous pourrons tirer de l'équation (4) $Q = Q_{n-1}$. Puis nous aurions pu trouver trois autres équations analogues à celle-là en remplaçant les dérivations relatives à φ, φ' par d'autres relatives à ψ ou ψ'. Multiplions en conséquence l'équation $Q = Q_{n-1}$ par celle qu'on en déduit en remplaçant φ et φ' par ψ et ψ', puis retranchons du résultat le produit des deux équations qu'on obtiendrait en remplaçant φ et φ' dans la première soit par φ et ψ', soit par ψ et φ'; le résultat pourra s'écrire

$$P = P_{n-1} \tag{5}$$

en nommant pour abréger A', B' ce que deviennent les valeurs (3) de A, B quand on y remplace la lettre φ par ψ, et posant

$$P = \left(A \frac{dx_1}{d\varphi'} + B \frac{dy_1}{d\varphi'}\right)\left(A' \frac{dx_1}{d\psi'} = B' \frac{dy_1}{d\psi'}\right) - \left(A \frac{dx_1}{d\psi'} + B \frac{dy_1}{d\psi'}\right)\left(A' \frac{dx_1}{d\varphi'} + B' \frac{dy_1}{d\varphi'}\right)$$

ou réduisant

$$P = (AB' - A'B)\left(\frac{dx_1}{d\varphi'}\frac{dy_1}{d\psi'} - \frac{dx_1}{d\psi'}\frac{dy_1}{d\varphi'}\right),$$

ou bien enfin, en substituant les valeurs (3) de A, B et celles de A', B' qui s'en déduisent, nous aurons

$$(6) \qquad P = TT_1T',$$

en posant pour abréger

$$(7) \quad \left\{ \begin{array}{l} T = \dfrac{dx}{d\varphi}\dfrac{dy}{d\psi} - \dfrac{dx}{d\varphi}\dfrac{dy}{d\psi}, \qquad T_1 = \dfrac{dx_1}{d\varphi'}\dfrac{dy_1}{d\psi'} - \dfrac{dx_1}{d\psi'}\dfrac{dy_1}{d\varphi'}, \\ T' = \dfrac{d^2u}{dxdx_1}\dfrac{d^2u}{dydy_1} - \dfrac{d^2u}{dxdy_1}\dfrac{d^2u}{dydx_1} \end{array} \right.$$

L'expression P_{n-1} se déduira de P en remplaçant x, y, x_1, y_1 par x_{n-1}, y_{n-1}, x_n, y_n; et cela posé, nous allons voir que la relation (5) n'est autre que celle qu'il s'agit de démontrer.

§ 6.

Interprétation de l'équation (5).

Commençons par former la valeur de T', et pour cela posons pour abréger $dz/dx = p$, $dz/dy = q$, $dz_1/dx_1 = p_1$, $dz_1/dy_1 = q_1$, nous aurons, en remarquant que dans toutes les dérivées partielles qui entrent dans T', toutes les parties de u disparaissent sauf MM_1/V, puis, en posant $\rho = MM_1$,

$$V\frac{du}{dx} = \frac{x - x_1 + p(z - z_1)}{\rho}, \qquad V\frac{du}{dy} = \frac{y - y_1 + q(z - z_1)}{\rho}.$$

d'où

$$V\frac{d^2u}{dxdx_1} = -\frac{1 + pp_1}{\rho} + \frac{[(x - x_1) + p(z - z_1)][(x - x_1) + p_1(z - z_1)]}{\rho^3},$$

ou bien, si nous nommons α, β, γ, les cosinus des angles que font les

axes avec la droite allant de M_1 à M, de sorte que $\alpha = x - x_1/\rho$, etc., nous aurons

$$V\rho \frac{d^2u}{dx\,dx_1} = -1 - pp_1 + (\alpha + p\gamma)(\alpha + p_1\gamma),$$

et on trouverait de même

$$V\rho \frac{d^2u}{dy\,dy_1} = -1 - qq_1 + (\beta + q\gamma)(\beta + q_1\gamma),$$

$$V\rho \frac{d^2u}{dx\,dy_1} = -pq_1 + (\alpha + p\gamma)(\beta + q_1\gamma),$$

$$V\rho \frac{d^2u}{dy\,dx_1} = -p_1q + (\alpha + p_1\gamma)(\beta + q\gamma),$$

et en substituant ces valeurs dans la troisième équation (7), nous trouverons

$$V^2\rho^2 T' = 1 + pp_1 + qq_1 - (\alpha + p\gamma)(\alpha + p_1\gamma) - (\beta + q\gamma)(\beta + q_1\gamma)$$
$$- [p(\beta + q\gamma) - q(\alpha + q\gamma)][p_1(\beta + q_1\gamma) - q_1(\alpha + p_1\gamma)],$$

ou réduisant, et remarquant que $\alpha^2+\beta^2+\gamma^2 = 1$.

$$(8) \qquad V^2\rho^2 T' = (\gamma - \alpha p - \beta q)(\gamma - \alpha p_1 - \beta q_1).$$

Or, si l'on nomme k, k_1 les angles que font les normales aux surfaces S, S_1 avec la direction M_1M, en choisissant ces normales de façon que les angles soient aigus, puis, si l'on nomme c, c_1 les cosinus des angles de ces mêmes normales avec l'axe des z, les cosinus des angles que fait la première avec les axes des x et des y étant $-cp$, $-cq$, il en résulte

$$k = -\alpha cp - \beta cq + c\gamma \quad \text{ou} \quad \gamma - \alpha p - \beta q = \frac{k}{c},$$

on aura de même $\gamma - \alpha p_1 - \beta q_1 = k_1/c_1$, et l'équation (8) se réduit ainsi à

$$(9) \qquad T' = \frac{kk_1}{cc_1\rho^2V^2}$$

Quant aux valeurs de T, T_1 nous les trouverons en remarquant que pour plusieurs rayons d'une même radiation, par exemple de la pre-

mière, si les points où ils percent le plan secondaire sont en ligne droite, il en sera de même de ceux où ils percent toute autre des surfaces traversées, par exemple S, parce que si φ et ψ s'augmentent des très petites variations $\delta\varphi$, $\delta\psi$, alors x et y augmenteront de très petites quantités δx, δy qui seront, en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur, des fonctions linéaires de $\delta\varphi$, $\delta\psi$; de sorte que si celles-ci ont entre elles une relation exprimée par une équation du premier degré, δx et δy satisferont aussi une certaine équation du premier degré. De là résulte que si l'on partage l'aire ε en petits rectangles par des lignes parallèles aux axes secondaires de sorte que l'un quelconque d'entre eux soit compris entre les lignes pour lesquelles $\varphi = \varphi_0$ et $\varphi_0 + \delta\varphi$, et $\psi = \psi_0$ et $\psi_0 + \delta\psi$, les rayons passant dans l'intérieur de ce rectangle iront déterminer sur la surface ω un petit parallélogramme; et en nommant x_0, y_0 la valeur de x_1, y qui correspondent au point φ_0, ψ_0, les coordonnées x, y des extrémités des deux côtés qui y aboutissent, seront relativement à ce point x_0, y_0 pris pour origine

$$\frac{dx}{d\varphi}\,\delta\varphi,\ \frac{dy}{d\varphi}\,\delta\varphi,\ \frac{dx}{d\psi}\,\delta\psi;\ \frac{dy}{d\psi}\,\delta\psi,$$

d'où résulte que le petit parallélogramme étant projeté sur le plan des xy, l'aire de la projection sera

$$\frac{dx}{d\varphi}\,d\varphi\,\frac{dy}{d\psi}\,d\psi - \frac{dx}{d\varphi}\,d\psi\,\frac{dy}{d\varphi}\,d\varphi \quad \text{ou} \quad T\,d\varphi\,d\psi$$

et en ajoutant tous ces parallélogrammes, d'une part leur somme sera la projection de l'aire totale ω' sur le plan des xy, d'autre part T ayant sensiblement la même valeur pour tous les points, ce sera aussi $T\int\delta\varphi\,\delta\psi$ ou $T\varepsilon$, d'où résulte $c\omega = T\varepsilon$, ou

$$(10) \qquad T = \frac{c\omega}{\varepsilon},$$

on trouverait d'une manière toute semblable que $T_1 = \frac{c_1\,\omega_1}{\varepsilon}$, en nommant ω_1 l'aire interceptée par la seconde radiation sur la surface S_1, mais

d'autre part nous savons que cette seconde radiation est composée d'un faisceau conique, d'amplitude s', partant du point C, de sorte que S_1 est la première surface qu'il rencontre, à la distance ρ; ainsi k_1 étant le cosinus de l'angle du rayon et de la normale, il est clair que l'on aura $s' = k_1\, \omega_1/\rho^2$, et par suite la valeur de T_1 se réduit à

$$T_1 = \frac{c_1 \rho^2 s'}{k_1 \varepsilon'};$$

Enfin, en substituant cette valeur de T_1 dans l'équation (6) de même que celles de T et T' données par les équations (10) et (9), nous aurons, en remarquant que le même cosinus désigné par k dans l'équation (9) l'était par $\cos i$ dans l'équation (1),

$$P = \frac{\omega s' \cos i}{\varepsilon\varepsilon' V^2}; \quad \text{de même} \quad P_{n-1} = \frac{\omega' s \cos i'}{\varepsilon\varepsilon' V^2_{n-1}},$$

ainsi dans le cas où $V = V_{n-1}$, c'est-à-dire si le premier et le dernier trajet des rayons s'effectue dans le même milieu l'équation (5) se réduit à

$$\frac{\omega \cos i}{s} = \frac{\omega' \cos i'}{s'},$$

c'est-à-dire à l'équation (1); mais s'il n'en était pas ainsi, en nommant V' pour simplifier la vitesse des rayons dans le milieu d'émission de la surface ω', on aura

$$\frac{\omega \cos i}{s} = \frac{\omega' \cos i'}{s'} \times \frac{V^2}{V'^2},$$

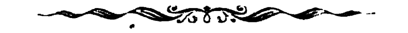
et pour qu'il y eût équilibre de température quand il y a égalité de température, il faudrait que l'on eût

$$V^2 \varphi(t) = V'^2 \varphi'(t)$$

en nommant $\varphi(t)$ la quantité, fonction de la température, déjà ainsi

désignée au § 2, et relative à la surface ω, tandis que $\varphi'(t)$ désigne la fonction analogue correspondant à la surface ω' plongée dans le second milieu (1).

Note de la Réd. Ce résultat est celui qui est énoncé par Clausius dans la *Théorie mécanique de la chaleur*, 1887, chap. XII, § 10, de la manière suivante : Les quantités de chaleur émises par des corps absolument noirs, à égale température, dans des milieux différents, sont différentes et sont entre elles en raison inverse des carrés des vitesses de propagation dans les milieux, ou comme les carrés des indices de réfraction.



MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — N° 6.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

RECHERCHES

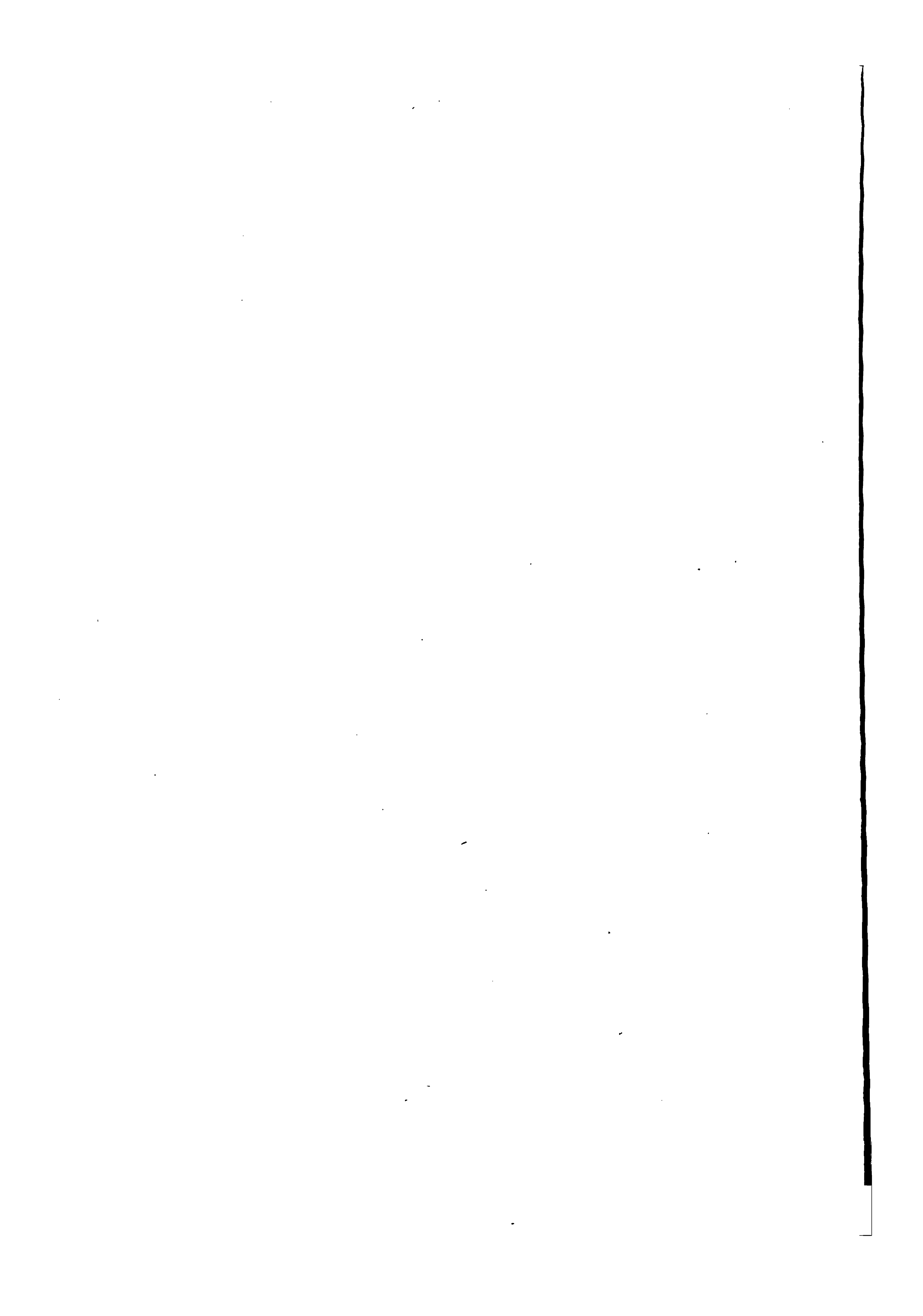
SUR LES

INFLORESCENCES ÉPIPHYLLES

PAR

M. Casimir DE CANDOLLE

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1890



RECHERCHES

SUR LES

INFLORESCENCES ÉPIPHYLLES

I

Un petit nombre de Dicotylédones, appartenant à des familles fort différentes, présentent, en commun, un caractère singulier consistant en ce que leurs inflorescences sont insérées sur des organes occupant la position et ayant toute l'apparence de véritables feuilles. En d'autres termes, ces plantes ont des inflorescences épiphylles. L'évolution de leurs axes débute et se termine par la production de quelques feuilles ordinaires, ne portant pas d'inflorescences et entre lesquelles se trouvent celles qui en sont pourvues. Pour abréger, je désignerai les premières sous le nom de *feuilles stériles* et les secondes sous celui de *feuilles fertiles.*

Il naît toujours des bourgeons normaux à l'aisselle des feuilles stériles et, le plus souvent aussi, à l'aisselle des feuilles fertiles.

Il peut arriver que ces bourgeons se développent eux-mêmes en inflorescences, auquel cas la plante possède à la fois des inflorescences axillaires et des inflorescences épiphylles. On en verra un exemple frappant chez l'un des *Bégonias* dont il sera question plus loin.

Voici la liste des phanérogames chez lesquelles on a observé la présence d'inflorescences épiphylles :

Helwingia Japonica Dietr., Phyllonoma ruscifolia Willd., laticuspis Turcz, integerrima Turcz, divers *Chailletia, Stephanodium peruvianum*

Pœpp. et une autre espèce inédite, *Polycardia phyllanthoides Lam*, *Hildbrandtii Baill.*, *Begonia sinuata Wall.*, *prolifera A. DC.*, *Ameliæ Bruant*, *Peperomia Haenkeana Opiz*, *foliiflora R. et. Pav.*, *Phyllobotryum spathulatum Muell. Arg*, *Leptaulus Daphnoides Benth.*, *Erythrochiton hypophyllantus Planch*[1].

Jusqu'ici les auteurs qui se sont occupés des inflorescences épiphylles les ont généralement considérées comme résultant d'une soudure entre la feuille et le bourgeon né à son aisselle. La plupart se bornent, il est vrai, à dire que cette soudure est *congénitale*, sans préciser ce qu'ils entendent par ce terme vague. D'autres affirment que l'inflorescence, primitivement libre de toute adhérence avec la feuille, est plus tard soulevée en même temps qu'elle par suite d'un accroissement tardif de la portion de l'axe sous-jacente à ces deux organes. Ils admettent donc que l'inflorescence est rendue *en apparence* épiphylle par une *accrescence*[2] de l'axe. Mais, ce n'est là, de leur part, qu'une pure hypothèse qu'ils n'appuient d'aucune preuve anatomique ou organogénique. Seul, M. Duchartre arrive, en se basant sur l'examen de la structure anatomique, à considérer l'inflorescence du *Begonia Ameliae*[3] comme une véritable production de la feuille.

En ce qui concerne l'*Helwingia*, Payer a, il est vrai, étudié son déve-

[1] On sera peut-être surpris de ne trouver dans cette liste ni le *Streptocarpus*, bien que ses axes florifères naissent sur l'un des cotylédons, ni les espèces telles que certains *Bégonias* et le *Bryophyllum*, qui sont connues pour la prolifération fréquente de leurs feuilles. C'est que ces faits sont d'un autre ordre que ceux dont il s'agit ici. Ces proliférations, en effet, sont toujours accompagnées de la formation de racines à l'aide desquelles la pousse, née sur la feuille, se rend indépendante de la plante mère. Il ne saurait non plus être ici question des *Ruscus*, attendu que l'organe qui porte leur inflorescence est un *cladode*, né à l'aisselle d'une feuille, et non point une véritable feuille.

[2] Dans son *Traité de botanique* (p. 74), M. Van Tieghem définit ce terme de la manière suivante : « Si les membres nés indépendamment en des points voisins sont soulevés plus tard par une crois- « sance intercalaire transversale du tronc, s'opérant au-dessous de leurs insertions, ou s'ils naissent « au bord d'une pareille proéminence transversale du tronc, la partie commune appartient tout « entière à ce dernier, dont elle est un nœud développé transversalement et parfois relevé en « coupe. Les membres ne sont pas concrescents ; c'est seulement le tronc qui est accrescent au-des- « sous d'eux. »

[3] Note sur un Bégonia nouveau à inflorescences épiphylles. *Journ. de la Soc. Nat. d'Hort.* Mars, 1886.

loppement sur une plante vivante et il conclut aussi à l'existence d'une soudure congénitale entre l'inflorescence et la feuille qui la porte. Mais, il avait surtout en vue la formation des fleurs et il me semble n'avoir pas observé l'évolution de l'inflorescence avec sa précision habituelle, ainsi que je le montrerai plus loin.

Ayant eu l'occasion d'examiner à mon tour le développement de cette plante, je me suis convaincu que son inflorescence, contrairement à l'opinion de Payer, naît directement sur la feuille, ce qui s'accorde d'ailleurs avec la structure anatomique de celle-ci. Je suis arrivé au même résultat à l'égard des feuilles fertiles du *Phyllonoma laticuspis*, dont j'ai réussi à étudier le développement sur des échantillons d'herbier. Enfin, j'ai aussi examiné la structure anatomique des feuilles chez la plupart des autres plantes à inflorescences épiphylles. Ce sont les résultats de ces diverses recherches que je vais maintenant exposer en détail. On verra qu'ils m'ont amené à envisager la question sous un jour nouveau et à considérer simplement la production des feuilles fertiles comme un cas d'hétérophyllie.

II

HELWINGIA JAPONICA Dietr.

Le genre *Helwingia* ne comprend que deux espèces dont l'une du Japon et l'autre, moins connue, de l'Inde On les a anciennement classées parmi les *Rhamnées*, puis on en a constitué, sous le nom d'*Helwingiacées*, une famille distincte qui a été ensuite réunie aux *Araliacées*, dans le *Genera* de Bentham et Hooker. En dernier lieu M. Baillon [1] les a rattachées aux *Cornacées* avec lesquelles elles ont certainement une grande affinité, malgré leurs feuilles alternes et pourvues de stipules.

[1] *Bull. Soc. Linn. Par.* p. 137, Hist. des Plantes, t. 7, p. 69.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — N° 6.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

RECHERCHES

SUR LES

INFLORESCENCES ÉPIPHYLLES

PAR

M. Casimir DE CANDOLLE

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1890

la feuille stérile représentent aussi une accrescence de l'axe, ce qui serait tout à fait invraisemblable.

Voyons maintenant ce qu'enseigne, à cet égard, l'étude organogénique directe[1].

Payer indique le mois d'octobre comme le moment propice à l'étude du développement de l'inflorescence des *Helwingia*. Mais, dès les premiers jours d'octobre de l'année dernière, mes plantes avaient déjà des bourgeons terminaux assez avancés pour renfermer des feuilles portant des inflorescences ramifiées et à fleurs développées.

[1] Voici en quels termes Payer s'exprime à ce sujet, dans son *Traité d'organogénie comparée* : « Le développement de l'*Helwingia rusciflora*, dit-il, procède par dichotomie. Chaque fleur naît à « l'aisselle d'une feuille, et ne tarde pas à être accompagnée de deux autres fleurs placées l'une à « sa droite et l'autre à sa gauche. Celles-ci, à leur tour, se comportent comme la fleur principale, « c'est-à-dire sont aussi accompagnées chacune de deux autres plus jeunes, placées l'une à sa droite « et l'autre à sa gauche. Seulement, par un phénomène tout à fait analogue à ce que j'ai décrit « dans l'inflorescence du tilleul, *l'inflorescence tout entière d'abord complètement libre de la feuille* « *à l'aisselle de laquelle elle est née* devient connée avec cette feuille lorsque les fleurs sont sur le « point de s'épanouir. Il résulte de ce mode de développement deux choses, la première c'est que « l'inflorescence *ne naît pas sur la feuille, mais est soudée congénitalement à elle dès l'origine*, c'est- « à-dire connée (connata), la seconde c'est que dans les feuilles, c'est la partie supérieure qui appa- « raît la première. »

Cela revient à dire que la portion inférieure de la feuille fertile résulte d'une expansion secondaire de l'axe, et à admettre dans cette expansion la coexistence de deux organes distincts intimement unis l'un à l'autre.

Maintenant cette manière de voir est-elle justifiée par les faits, et Payer a-t-il vraiment vu la jeune inflorescence libre à l'aisselle d'une feuille, ainsi qu'il la représente dans sa figure 21 ? A mon avis il y a lieu d'en douter et cela pour les motifs suivants :

1° Si l'on compare mes dessins avec cette figure 21 (fig. 14, 15) on verra que le sommet du bourgeon terminal ne m'est jamais apparu aussi convexe que Payer le représente.

2° Dans aucun des nombreux bourgeons que j'ai examinés les jeunes feuilles, encore dépourvues de stipules, n'avaient la forme profondément concave et les bords recourbés qu'elles ont dans cette même figure 21.

3° Les figures 22 et 23 du *Traité* sont certainement inexactes quant aux dentelures. Celles-ci auraient dû être indiquées jusqu'à la base du limbe qu'elles atteignent longtemps avant que l'inflorescence ait commencé à se ramifier.

4° Enfin il est surprenant que Payer ne fasse aucune mention des stipules pourtant si visibles et dont les écailles externes des bourgeons sont elles-mêmes pourvues.

Je considère donc sa description comme inexacte en ce qui concerne les premières phases du développement. Il n'indique malheureusement pas les grossissements dont il a fait usage, mais tout me porte à croire qu'ils ont dû être très faibles. Dans ce cas il se peut fort bien qu'il ait pris pour une jeune inflorescence axillaire ce qui était en réalité une stipule recourbée en dedans de la feuille, cette illusion m'a plus d'une fois embarrassé au début de mes recherches.

Ces bourgeons (fig. 13) se composaient, de l'extérieur à l'intérieur, des pièces suivantes disposées en vernation embriquée : d'abord deux ou au plus trois écailles sessiles et stériles pourvues de stipules et à bords finiment dentelés depuis leur sommet jusque tout près de leur base. Puis venaient une ou deux feuilles munies de pétioles, mais stériles. Elles étaient suivies de six à sept feuilles fertiles dont la plus jeune, munie de stipules mais encore dépourvue de pétiole, portait à sa base une inflorescence rudimentaire. Celle-ci consistait en un simple mamelon hémisphérique manifestement inséré plus haut que les stipules (fig. 15). Enfin le bourgeon se terminait par deux feuilles dépourvues de tout rudiment d'inflorescence et dont la dernière portait pourtant déjà, le plus souvent, des stipules naissantes. Dans quelques bourgeons cette dernière feuille manquait encore de stipules, bien que son limbe primordial fût déjà tout formé. Ainsi chez l'*Helwingia* les stipules naissent selon la loi ordinaire, c'est-à-dire après la complète formation de la feuille primitive. Les bourgeons examinés l'automne dernier se terminaient donc tous, ainsi que je viens de le dire, par deux feuilles encore dépourvues d'inflorescences. C'étaient les dixième et onzième pièces de chacun d'eux. Elles étaient de dimensions fort inégales. La plus âgée était déjà munie de stipules bien développées ainsi que des deux premières dents vers le sommet du limbe. La plus jeune avait un limbe encore entier mais, dans plusieurs cas, elle portait déjà des stipules naissantes. Toutes deux étaient dépourvues de pétioles.

Si j'avais été sûr que ces deux dernières feuilles fussent destinées à devenir à leur tour fertiles j'aurais, déjà alors, pu affirmer que les inflorescences des feuilles précédentes avaient pris naissance tardivement sur celles-ci, après la complète formation de la feuille primitive et sans nouvelle participation de l'axe. Mais, la saison étant fort avancée, il n'était pas impossible que ces jeunes feuilles fussent précisément de celles qui demeurent stériles aux extrémités de chaque pousse. Sans doute les inflorescences rudimentaires réduites à de simples protubérances sur les neuvièmes ou huitièmes pièces des bourgeons avaient

toute l'apparence de proliférations locales, nées sur les bases de ces feuilles. Néanmoins, avant de se prononcer sur leur nature epiphylle il était indispensable d'avoir vu des bourgeons assez jeunes pour que leurs dernières feuilles encore sans inflorescences pussent, avec certitude, être considérées comme homologues des feuilles fertiles. Pour cela il fallait que la dernière feuille fût tout au plus la neuvième pièce du bourgeon. Or, ce résultat a été pleinement atteint dans les nouvelles recherches que je viens de terminer. En m'y prenant dès le mois de juillet de cette année j'ai réussi à trouver des bourgeons dont les cinquièmes et sixièmes pièces, encore stériles, n'étaient précédées que de trois feuilles fertiles portant des inflorescences rudimentaires. Dans un grand nombre d'autres cas les bourgeons de cet été renfermaient déjà de quatre à cinq feuilles fertiles à inflorescences assez avancées, mais leurs septièmes et huitièmes pièces étaient encore stériles.

Il y a malheureusement toujours une si grande inégalité de développement entre les deux dernières pièces qu'il ne m'a pas été possible d'observer simultanément, dans le même bourgeon, les diverses phases de la protubérance primitive de l'inflorescence.

Toutefois l'analyse comparative d'un très grand nombre de bourgeons m'a appris que cette protubérance s'accentue notablement un peu avant la formation des deux premières dents latérales au sommet du limbe de la feuille. A son début la feuille primitive est déjà fort épaisse. Au moment de la naissance des stipules son épaisseur a encore augmenté et la portion médiane de la jeune feuille, vue de profil, paraît convexe du côté supérieur. Bientôt cette convexité se transforme en un renflement arrondi (fig. 16 *gauche*, 17, 18), occupant la base du limbe au-dessus des stipules.

Ce renflement, qui n'est donc jamais indépendant de la feuille, s'accroît ensuite dans sa partie supérieure en formant une protubérance arrondie qui est le commencement de l'inflorescence (fig. 15, 16 *droite*). Cette protubérance d'abord simple se ramifie ensuite, conformément aux indications de Payer, en donnant naissance à deux protubérances latérales. A ce

moment la dentelure du limbe est complète mais sa base confine encore aux stipules qui se sont déjà ramifiées. Il ne tarde pas à en être séparé par la formation du pétiole, lequel résulte de l'allongement de la mince couche de tissu située immédiatement au-dessus des stipules. Cette production du pétiole est elle-même précédée d'un rapide accroissement de la portion inférieure du limbe qui est jusqu'alors restée stationnaire. Il s'ensuit que l'inflorescence est comme transportée vers le milieu du limbe agrandi (fig. 19), tandis qu'elle se trouvait primitivement tout près des stipules. Mais il est à remarquer que cet accroissement basilaire du limbe et ce déplacement relatif de l'inflorescence précèdent, comme je viens de le dire, la formation du pétiole. On voit que la portion inférieure de la feuille primitive *s'allonge* après sa portion supérieure mais qu'elle ne *se forme* pas après elle, comme le voulait Payer.

A l'origine l'inflorescence rudimentaire se compose d'un méristème homogène. Cet état persiste encore après l'apparition des premiers éléments fibro-vasculaires dans la région dorsale du limbe. Cette formation fibro-vasculaire se propage ensuite latéralement dans toute la périphérie de la jeune feuille, y compris la base de la protubérance qui fait manifestement partie de la nervure médiane.

En définitive l'organogénie de la feuille fertile de l'*Helwingia*, ainsi que le mode de développement et la répartition de son tissu ligneux, prouvent qu'elle n'est pas le résultat de la soudure par accrescence de deux pièces primitivement distinctes. L'ensemble de cette feuille et de son inflorescence constitue un seul phyllome homologue d'une feuille ordinaire. Il a même origine que la feuille stérile dont il ne diffère que par un surcroît de développement. Ce surcroît de développement est, il est vrai, considérable puisqu'il se traduit à la fois par une pousse externe et par une grande augmentation du corps ligneux. Il n'en est pas de même chez toutes les autres plantes à inflorescences épiphylles et on verra, ci-après, que chez plusieurs de ces espèces la feuille stérile possède un système ligneux aussi complet que celui de la feuille fertile, de sorte que l'excès de développement de celle-ci se réduit à la production de la pousse externe.

Phyllonoma Willd

Ce genre, de la famille des *Saxifragées,* a été fondé par Willdenow[1] d'après une plante de la Nouvelle-Grenade à laquelle il a donné le nom de *Phyllonoma ruscifolia.* Un peu plus tard Kunth la décrivit de nouveau[2] sous le nom de *Dulongia acuminata*, qui doit être abandonné, en application de la règle de priorité. Kunth en a pourtant donné une bonne figure qui est bien propre à fixer l'attention par ses inflorescences insérées vers le sommet du limbe. Enfin M. Turczaninow a décrit, sous les noms de *P. integerrima* et *P. laticuspis*[3], deux autres espèces de ce genre, récoltées au Mexique par Funck et Schlim, et dont la première me semble être identique au *P. ruscifolia Willd.*

Il est regrettable qu'aucune de ces espèces n'ait encore fait leur apparition dans les jardins botaniques, de sorte qu'il n'est pas possible de les étudier sur le vivant. Mais il existe heureusement, dans l'herbier de Candolle, d'excellents échantillons d'un *Phyllonoma* envoyé du Mexique par Sumichrast[4] et répondant tout à fait à la description du *P. laticuspis Turcz.* Grâce à cette circonstance j'ai pu me livrer à une étude approfondie de la structure anatomique et même, jusqu'à un certain point, du mode de développement des feuilles de cette espèce.

Ses rameaux, grêles et allongés, sont garnis de nombreuses feuilles alternes dont le limbe, finement dentelé depuis la base, se termine par une pointe à bords entiers. Le pétiole est muni à sa base de stipules laciniées[5]. Enfin il y a un bourgeon normal à l'aisselle de chaque feuille

[1] Dans Rœmer et Schultess syst., v. 6, p. 210.
[2] *Nova Genera* v. VII p. 76 tab. 623.
[3] *Arch. Mosc.* 1858, 1 p. 454.
[4] C'est le n° 1324 de ce collecteur.
[5] Kunth et tous les auteurs qui l'ont suivi décrivent le genre *Phyllonoma* comme étant privé de stipules. Elles sont pourtant très visibles, soit chez l'espèce dont il est question ici, soit chez le *P. integerrima* dont j'ai aussi vu des échantillons de Funck et Schlim portant les numéros cités par M. Turczaninow. Cet auteur dit lui-même qu'il n'a pas vu la figure de Kunth qui me paraît,

adulte. A première vue la nature épiphylle de l'inflorescence ne semble pas douteuse (fig. 20). Or l'examen anatomique des feuilles ainsi que les données, encore incomplètes il est vrai, que j'ai pu recueillir sur leur mode de développement confirment cette manière de voir.

De même que chez l'*Helwingia*, la coupe transversale de la nervure médiane du limbe, au-dessous de l'inflorescence, présente un anneau complet (fig. 23). Au-dessus de cette inflorescence, ainsi qu'au voisinage de l'insertion du pétiole, l'anneau est remplacé par un arc ouvert (fig. 21, 24). Je signale aussi, en passant, la forme étalée latéralement de l'anneau ligneux de la nervure. C'est tout à fait celle qui s'observe dans la plupart des feuilles ordinaires à système fermé.

Un seul des échantillons que j'ai eu sous les yeux portait encore, à sa base, des feuilles stériles, celles des autres rameaux étaient, sans doute, déjà tombées. Elles sont de même forme que les feuilles fertiles, mais un peu plus petites que celles-ci. D'autre part, à l'inverse de ce qui a lieu chez l'*Helwingia*, la structure de leur pétiole et de leur nervure médiane est la même que dans les feuilles fertiles. Ainsi, chez le *Phyllonoma* la production de l'inflorescence n'est pas accompagnée de la formation dans la feuille fertile d'un corps ligneux supplémentaire, faisant défaut dans la feuille stérile; on peut donc bien dire qu'elle représente simplement un surcroît de développement de la face supérieure de la nervure sans qu'il y ait lieu, dans ce cas, d'avoir recours à la supposition d'une soudure congénitale. Voici maintenant ce que j'ai pu constater relativement à l'évolution des feuilles fertiles.

Les rameaux de mes échantillons se terminaient tous par de jeunes pousses qu'il m'a été facile de disséquer après les avoir maintenues quelque temps dans l'eau. Leurs trois dernières feuilles étaient dépourvues d'inflorescences bien que l'avant-dernière eût déjà poussé ses stipules (fig. 25). Celles de la troisième feuille, au-dessous du sommet du point végétatif, ont un commencement de dentelure qui est beaucoup

comme je l'ai déjà dit, répondre tout à fait à son *P. integerrima*. Je suis donc d'avis que la présence des stipules doit être ajoutée aux caractères du genre *Phyllonoma*.

plus avancé dans celles de la quatrième. Cette quatrième feuille porte à la face supérieure du limbe, une jeune inflorescence en forme de mamelon hémisphérique visiblement inséré plus haut que les stipules.

Ce mamelon composé d'un méristème homogène a tout à fait l'apparence d'une émergence du tissu superficiel de la feuille. Dans une des pousses examinées il était déjà formé à la surface de la troisième feuille dont les stipules étaient encore entières. Je n'ai jamais, du reste, trouvé cette inflorescence rudimentaire libre à l'aisselle de la jeune feuille.

Bien que je n'aie eu à ma disposition qu'un petit nombre de ces pousses terminales il ne me semble donc pas douteux que le mamelon primitif de l'inflorescence ne prenne naissance, comme chez l'*Helwingia*, sur la feuille elle-même, peu après la production des stipules. Chez le *Phyllonoma* la feuille fertile est donc aussi un organe homologue de la feuille stérile, mais elle n'en diffère que par la pousse externe qui constitue l'inflorescence, tandis que chez l'*Helwingia* les deux sortes de feuilles diffèrent, en outre, par leur structure interne.

Chailletiacées

Diverses espèces de cette famille sont connues pour leurs inflorescences épiphylles insérées, non pas sur le limbe comme chez les *Helwingia* et les *Phyllonoma*, mais au sommet du pétiole (fig. 27).

On trouve, sur chaque rameau, des feuilles stériles et, au-dessus d'elles, des feuilles fertiles ayant la même forme et les mêmes dimensions que les premières. Les unes et les autres sont pourvues de stipules vers leur insertion sur l'axe. Il existe toujours un bourgeon normal à l'aisselle des feuilles stériles et parfois aussi à l'aisselle des feuilles fertiles. Voici quels sont les caractères anatomiques qui distinguent celles-ci des feuilles stériles, chez les espèces que j'ai pu étudier dans les herbiers :

Chailletia pedunculata DC. Le pétiole de la feuille stérile renferme dans toute sa longueur un système ligneux ouvert du côté supérieur (fig. 28) et il en est de même dans la nervure médiane. Ce système

ouvert est pourtant moins incomplet que chez l'*Helwingia*. Il manifeste même une remarquable tendance à se compléter. Dans les coupes transversales du pétiole stérile, en effet, outre l'arc ligneux proprement dit ouvert du côté supérieur, on observe une zone de cellules fibreuses occupant la position qu'aurait le liber de la moitié supérieure du système, si celui-ci était complet (fig. 28). Les coupes faites à diverses hauteurs montrent, de plus, que cette zone fibreuse n'existe pas à la base du pétiole où l'arc ligneux est tout à fait ouvert. Elle se complète donc de la base au sommet du pétiole et on la retrouve aussi dans la nervure médiane du limbe.

Quant au pétiole de la feuille fertile, il renferme dans toute sa longueur un système fermé se présentant, en coupe transversale, sous forme de deux masses dont l'une convexe vers la face inférieure correspond à l'arc ouvert du pétiole stérile, tandis que l'autre, orientée en sens inverse, ferme le système du côté de la face supérieure et correspond à la zone fibreuse du pétiole stérile (fig. 29). Au-dessus de l'inflorescence, c'est-à-dire à partir de la base même du limbe, la nervure médiane ne renferme plus qu'un système incomplet dont les extrémités sont, il est vrai, réunies comme dans la feuille stérile par une zone fibreuse, du côté de la face supérieure. Enfin, tandis que chez les *Helwingia* et *Phyllonoma* le pétiole des feuilles fertiles ne renferme à sa base qu'un système ouvert, ici le système est complet jusque dans l'axe, au niveau de l'insertion du pétiole. Au premier abord on sera peut-être tenté de voir dans cette circonstance une objection à l'assimilation des feuilles fertiles des *Chailletia* avec des feuilles ordinaires. On se demandera si la moitié supérieure du corps ligneux, à l'insertion de la feuille fertile, ne représente pas la trace d'un bourgeon axillaire fusionné avec cette feuille. Mais il n'en est rien et cela pour les raisons suivantes : en premier lieu il existe chez d'autres plantes des feuilles parfaitement normales, sur la nature desquelles aucun doute n'est permis, et qui présentent, cependant aussi, cette même particularité d'avoir un système fermé jusqu'au-dessous de leur insertion. C'est ce qui a lieu notamment

chez les *Tecoma*. En second lieu, la masse ligneuse qui, dans le pétiole fertile des *Chailletia*, ferme le système du côté supérieur, est orientée en sens inverse de celui qu'aurait l'arc ligneux à la base d'insertion d'un rameau. En effet, le système ligneux du bourgeon axillaire à sa jonction avec le corps ligneux de celui-ci s'ouvre, nécessairement, toujours du côté du rameau qui le porte.

Chailletia capitulifera. Cette espèce se distingue de la précédente en ce que ses feuilles stériles ont la même structure interne que ses feuilles fertiles. Chez les unes et les autres le pétiole renferme un système ligneux fermé depuis la base (fig. 30). A partir d'une certaine hauteur on y trouve, de plus, deux faisceaux latéraux séparés du système principal (fig. 31). Enfin, la nervure médiane du limbe ne renferme qu'un système ouvert ou qui, du moins, n'est fermé que par une zone de fibres libériennes épaisses (fig. 32).

La présence de faisceaux latéraux isolés, dans les pétioles de cette espèce, mérite tout particulièrement de fixer l'attention. Ce caractère de structure interne s'observe, en effet, dans une multitude de feuilles ordinaires, à système fermé[1]. Il est, du reste, encore plus nettement accusé chez l'espèce suivante.

Stephanodium Pœpp. Dans son *Nova genera*, Pœppig a décrit et figuré, sous le nom de *S. Peruvianum*, une plante remarquable dont je n'ai malheureusement pas pu me procurer d'échantillon assez complet pour des recherches anatomiques. En revanche, j'ai pu étudier fort en détail les feuilles d'une autre espèce du même genre qui ne se distingue de celle de Pœppig que par la pubescence de ses feuilles et de ses rameaux. Ce *Stephanodium*, encore inédit, a été rapporté du Brésil par M. Weddel[2]. La structure de ses pétioles présente, comme on va le voir, un caractère spécial des plus intéressants au point de vue de mes recherches.

[1] Pour citer une plante à la portée de tout le monde, j'indiquerai, en particulier, le *Cytisus Laburnum*. On vérifiera aisément que ses pétioles ont la même structure que ceux du *Chailletia capitulifera*.

[2] C'est le n° 726 de Weddel.

Le pétiole des feuilles stériles de cette plante renferme un système ouvert (fig. 33, 34) composé d'une masse principale dont la coupe transversale forme un arc occupant la région dorsale et qui est flanquée, à droite et à gauche, de deux ou trois faisceaux distincts situés sur le prolongement de cet arc. Or, si l'on examine la coupe transversale du pétiole d'une feuille fertile on y retrouve ces mêmes éléments avec la même disposition relative mais ils sont, en outre, accompagnés d'un second arc orienté en sens inverse du premier et emboîté entre les faisceaux latéraux distincts (fig. 35, 36). Ce second arc, qui complète le système ligneux du côté de la face supérieure, correspond à l'inflorescence. Il remplace évidemment dans le pétiole fertile une portion du tissu parenchymateux du pétiole stérile, puisqu'il est encadré par les mêmes faisceaux latéraux, disposition qui exclut assurément toute idée de concrescence entre un pétiole et un bourgeon axillaire. On remarquera d'ailleurs que les coupes des deux sortes de pétioles présentent une même configuration, ce qui n'était pas le cas chez le *Chailletia pedunculata*. Enfin, dans la nervure médiane du limbe, soit au-dessus de l'inflorescence, on ne retrouve plus que l'arc ouvert de la face dorsale comme dans les feuilles stériles (fig. 37).

Les auteurs qui ont traité des *Chailletia* ont, selon les idées courantes, considéré leurs inflorescences épiphylles comme résultant d'une soudure congénitale. A l'appui de cette manière de voir ils ont fait valoir que plusieurs espèces ont des inflorescences insérées à la base du pétiole et que quelques-unes les ont même tout à fait axillaires. Mais cet argument perd son importance si l'on remarque qu'il existe toujours des bourgeons normaux à l'aisselle des feuilles stériles des espèces à inflorescences épiphylles et qu'il s'en produit même souvent à l'aisselle des feuilles fertiles elles-mêmes. Il n'y a dès lors rien de surprenant à ce que, chez certaines espèces, ces bourgeons se développent en inflorescences axillaires et que des feuilles primitivement destinées à être fertiles restent, dans ce cas, stériles.

Polycardia

Trois espèces de ce genre des *Calastrinées* sont, depuis longtemps, connues pour leurs inflorescences épiphylles, à savoir les : *P. phyllanthoides Lam.*, *Hildbrandtii Baill.*, *Aquifolium Tul.* Ces plantes diffèrent grandement les unes des autres par le mode d'insertion de l'inflorescence. Elle se trouve au sommet du limbe échancré de la feuille, chez la première (fig. 38, 39), dans une échancrure latérale du limbe chez la seconde (fig. 42), enfin, vers le milieu de la face supérieure du limbe chez la troisième espèce. Je n'ai pas encore eu l'occasion de voir cette dernière, mais il m'a été possible de faire l'étude anatomique des deux autres. Voici les résultats de cette recherche.

P. phyllanthoides. Les rameaux portent des feuilles stériles et des feuilles fertiles accompagnées les unes et les autres de bourgeons axillaires normaux. Les premières ont un limbe lancéolé entier, tandis que chez les secondes le limbe est profondément échancré au sommet. Au fond de cette échancrure se dresse la cime florale raccourcie portant une à cinq fleurs sessiles. Maintenant les coupes transversales pratiquées à diverses hauteurs dans ces feuilles fertiles, montrent que le système ligneux y est ouvert depuis la base jusqu'à une faible hauteur au-dessus de l'insertion, puis fermé dans tout le reste du pétiole ainsi que dans la nervure médiane du limbe (fig. 40, 41).

Dans la feuille stérile, le système est ouvert dans tout le pétiole ainsi que dans la portion inférieure de la nervure, mais il est fermé dans la portion supérieure de cette nervure.

On voit que la structure anatomique est, à peu de chose près, la même dans ces deux sortes d'organes ainsi que cela a lieu chez le *Phyllonoma* et le *Chailletia capitulifera.* Cette structure est cependant encore de nature tout à fait foliaire. Il serait, en effet, aisé de citer nombre de plantes normales dont les feuilles présentent un système ligneux ouvert

dans la partie inférieure du pétiole, souvent même jusqu'au limbe, tandis que leur nervure renferme un système ligneux fermé. Chose intéressante, ce cas se rencontre précisément chez d'autres *Célastrinées* en particulier chez le *Celastrus Trigynius* dont les feuilles ont absolument la même forme que les feuilles stériles du *Polycardia phyllanthoides.*

P. Hildbrandtii. La plante ainsi dénommée par M. Baillon porte le n° 3082 de la collection rapportée de Madagascar par M. Hildbrandt. Celle que j'ai étudiée se rapporte, il est vrai, au n° 3460 du même explorateur, mais c'est certainement la même espèce. Conformément à la description de M. Baillon le limbe est échancré latéralement au niveau de l'inflorescence.

Au premier abord celle-ci paraît donc être latérale par rapport à l'axe de la feuille (fig. 42), mais elle est pourtant insérée sur la nervure médiane, comme chez l'espèce précédente.

L'échantillon de *P. Hildbrandtii* que j'ai vu, ne porte pas de feuilles stériles, bien que la plante en produise très probablement. Quant à ses feuilles fertiles, leur structure est semblable à celle du *P. Phyllanthoides.* Leur système ligneux est donc ouvert à la base du pétiole et fermé dans sa moitié supérieure ainsi que dans sa nervure médiane jusqu'à l'insertion de l'inflorescence (fig. 43, 44, 45). En cet endroit il est, comme chez l'*Helwingia,* scindé en deux parties dont l'une correspond à l'inflorescence et l'autre à la continuation de la nervure médiane jusqu'au sommet de laquelle il reste ouvert (fig. 46).

De même que chez l'*Helwingia* l'arc ouvert constituant le système ligneux à la base du pétiole, se retrouve tel quel dans le rameau au-dessous de la feuille. Mais, chez le *P. Hildbrandtii* le système ligneux du bourgeon axillaire de la feuille fertile s'insère sur celui du rameau à une plus grande profondeur que chez l'*Helwingia.* Il en résulte qu'une même coupe transversale de cette région montre à la fois les deux systèmes de la feuille et du bourgeon l'un devant l'autre en dehors de celui du rameau [1] (fig. 47).

[1] C'est ce qui a lieu toutes les fois que le bourgeon est inséré au même niveau que la feuille. On

Bégoniacées

Trois espèces du genre *Begonia* sont connues pour leurs inflorescences épiphylles. Voici ce que l'on sait sur chacune d'elles : *B. sinuata Wall.* Cette plante récoltée par Wallich, dans l'île de Penang, a fait, en 1838, l'objet d'une communication de Meissner à la Société des naturalistes de Bâle. Les bourgeons à fleurs se trouvent à la base de la face supérieure du limbe, c'est-à-dire au sommet du pétiole. Meissner a bien remarqué les stipules insérées à la base du pétiole et il les considère comme une preuve de la nature épiphylle des bourgeons en question. Ceux-ci produisent souvent à la fois des fleurs et des feuilles qui portent elles-mêmes fréquemment des bourgeons épiphylles.

Meissner a observé ainsi jusqu'à trois générations issues les unes des autres par le bourgeonnement des feuilles. J'ajouterai enfin que l'échantillon de Wallich que j'ai vu porte des bourgeons axillaires normaux à l'aisselle des feuilles fertiles. Malheureusement, l'état de cet échantillon ne permet pas de recherches anatomiques.

B. prolifera Alph. DC[1]. L'auteur de l'espèce décrit dans les termes suivants la feuille et l'inflorescence de cette plante qui croit à Singapore et à Moulmine :

Folio unico petiolato ovato-acuto profunde cordato palmati-9-11-nervio..... pedunculis 1-3- inaequalibus ex umbilico bimbi surgentibus apice pluries dichotomis 6-10 floris.....

..... Valde anomala videtur, nec vegetatio intelligenda nisi ex B. sinuata. Tuber ovoïdeum..... ex uno specimine in h. Lindl. indicia stipularum forsan præbens. Petiolus 2 poll. longus, caulem simulans, apice tamen stipulas minime gerens unde vere petiolus in gemma limbi prolifer ut interdum in B. sinuata.

peut le constater chez une foule de plantes ordinaires. Le *Prunus Lauro-cerasus* en fournit un bon exemple.

[1] *Prodr.* V, 15, 1, p. 353.

D'après cette description il me semble que la nature épiphylle de l'inflorescence est tout aussi probable chez ce *Begonia* que chez le précédent.

Begonia Ameliæ Bruant. Jusqu'ici il n'a été question que de véritables espèces, spontanées dans leur pays d'origine. Il n'en est plus de même du *Begonia Ameliæ.* Cette plante a été obtenue en 1886 par M. Bruant, l'habile horticulteur de Poitiers, qui la dit issue de la fécondation du *B. Bruanti* par le *B. Rœsli* deux autres produits d'hybridisation artificielle et qui n'ont, que je sache, aucune relation de parenté avec les espèces précédentes.

Le *B. Ameliæ* appartient à la catégorie des Begonias à tige dépourvue de faisceaux intramédullaires. Il porte ordinairement sur le même pied des inflorescences épiphylles et des inflorescences axillaires. Les premières sont insérées au sommet du pétiole sur la face supérieure du limbe. Les autres naissent tantôt à l'aisselle des feuilles stériles, tantôt à l'aisselle des feuilles fertiles elles-mêmes. Selon les indications de M. Bruant les inflorescences épiphylles se produisent surtout pendant l'hiver sur des plantes rentrées en serre chaude après avoir passé l'été en pleine terre. C'est également ce que j'ai constaté dans mes propres cultures. Pourtant mes plantes de pleine terre m'ont aussi, à maintes reprises, fourni des inflorescences épiphylles.

Le développement de ce *Begonia* est malheureusement si capricieux, ses feuilles stériles sont si irrégulièrement intercalées entre les feuilles fertiles qu'il ne m'a pas encore été possible d'étudier l'évolution de ses inflorescences. Cette recherche est, en outre, rendue fort difficile par la consistance charnue des bourgeons.

Je me suis donc borné à l'étude de la structure anatomique des feuilles. Elle s'est trouvée entièrement conforme à la description et aux figures qu'en a déjà données M. Duchartre[1].

[1] Note sur un *Begonia* nouveau à inflorescences épiphylles. *Journ. de la Soc. nat. d'hort.* mars 1886.

La structure des feuilles fertiles est la même que celle des feuilles stériles. Les unes et les autres renferment à la base de leurs pétioles un système ouvert, formé de faisceaux distincts. Plus haut, le pétiole renferme un système fermé composé aussi de faisceaux distincts.

De cette identité de structure des deux sortes de feuilles je conclus, avec M. Duchartre, à la nature vraiment épiphylle des inflorescences, ce que confirme, d'ailleurs, la présence de stipules à la base du pétiole sur les feuilles fertiles comme sur les feuilles stériles.

Un détail important doit encore être relevé à propos de ce *Begonia*. Chez cette espèce, en effet, il se trouve que chacune des nervures principales du limbe, dans les deux sortes de feuilles, renferme un système fermé. Ce système se compose de deux faisceaux opposés l'un à l'autre et orientés en sens inverse, le cambium de l'un étant tourné vers la face inférieure de la nervure tandis que celui de l'autre faisceau est du côté de la face supérieure.

PIPÉRACÉES

Il y a des espèce du genre *Peperomia* dont les chatons semblent insérés sur les feuilles. Mais en examinant la chose de près on reconnaît sans peine que ce n'est là qu'une apparence trompeuse, résultant de ce que ces chatons se trouvent au sommet d'un rameau portant immédiatement au-dessous d'eux des feuilles à limbe sessile. C'est ce qui a lieu notamment chez les *P. Hispidula* et *P. Palmiriensis.* En revanche les deux espèces suivantes me paraissent avoir des inflorescences réellement épiphylles.

Peperomia Hænkeana Opiz (in Reliq. Hænk. fasc. I, p. 162). D'après l'échantillon de Hænke, que j'ai vu dans l'herbier de Prague, les chatons de cette espèce sont insérés à la base du limbe, sur la face supérieure de la feuille.

Ce limbe se trouve lui-même au sommet d'un support qui, d'après sa

position sur la tige, doit être considéré comme un pétiole. Mais l'échantillon étant unique j'ai dû renoncer aux recherches anatomiques qui auraient pu éclaircir ce point.

Peperomia foliiflora R. et Pav[1]. A en juger par la figure que Pavon en a donnée, il semble très probable que les chatons de cette plante sont réellement épiphylles et j'ai été confirmé dans cette opinion en voyant, sans pouvoir il est vrai les disséquer, les échantillons de Ruiz dans l'herbier de Willdenow et de Hænke dans celui de Prague.

PHYLLOBOTRYUM SPATHULATUM. MULL. ARG[2].

Le genre Phyllobotryum avait été primitivement placé dans les Euphorbiacées. Plus tard M. Baillon[3] l'a classé dans les Bixinées et cette opinion a été adoptée par M. Oliver[4] dans les Icones de Hooker où se trouve une figure du *P. spathulatum.* Chez cette plante les fleurs sont disposées en courtes grappes disséminées le long de la nervure médiane du limbe, sur la face supérieure des feuilles. Celles-ci atteignent jusqu'à 45 centimètres de long et sont pourvues de stipules à la base du pétiole. M. le Doct. Müller à qui l'on doit la première description de l'espèce s'exprime en ces termes au sujet de l'inflorescence:

Inflorescentiæ epiphyllæ, seu pedunculi racemorum axillarium cum petiolo et parte inferiore costæ primariæ connati supra florem pennultimum a costa liberi.

Cette description implique l'existence d'une soudure congénitale entre deux organes réellement distincts. M. Baillon semble avoir la même pensée lorsqu'il dit, à propos d'une espèce voisine, le *P. Soyauxianum :*

« *Il y a là un phénomène remarquable d'entraînement des inflorescences,*

[1] *Flor. Peruv.*, V-1, p. 30, tab. 45, fig. *c.*
[2] DC. *Prodr.* V. 15, 2, p. 1231.
[3] *Bibl. Soc. Linn.* Paris 1889, p. 287.
[4] *Hook. icones. ser.* 3 v. 4, p. 38 tab. 1353.

comparable, quoiqu'en dise M. Bentham, avec ce qui s'observe dans les Phyllonoma, *et aussi dans les* Polycardia, *les* Erythrochiton, *etc.* »

Il y aurait évidemment un très grand intérêt à étudier le développement des *Phyllobotryum*. Malheureusement ils ne sont encore connus que par des échantillons d'herbier. Je serais, pour ma part, bien surpris si cette étude ne démontrait pas que les grappes florifères sont véritablement épiphylles dès leur naissance.

LEPTAULUS DAPHNOIDES BENTH.

N'ayant pas encore vu moi-même cette *Olacinée* de l'Afrique tropicale, je me borne à citer ce qu'en disent les auteurs.

D'après Bentham ses inflorescences sont axillaires, tandis que M. Oliver les décrit comme extra-axillaires. Enfin M. Baillon s'exprime en ces termes :

« Les inflorescences réellement épiphylles ne doivent leur origine qu'à un phénomène d'entraînement. Dans les Leptaulus, singulières plantes appartenant au groupe des Mappiées, groupe dans lequel les entraînements sont nombreux et fréquents on a cru, en voyant une cicatrice sur l'un des côtés de la feuille, qu'elle répondait à la base d'une stipule tombée ; elle répond cependant à la base d'une petite inflorescence entraînée jusque sur le côté d'une feuille et qui, en se détachant par sa base, laisse ainsi sur le rameau une trace du point où elle devenait libre.

ERYTHROCHITON HYPOPHYLLANTHUS PLANCH.

Cette plante de la famille des *Rutacées*, récoltée par Schlim dans la Nouvelle-Grenade, a été pendant quelque temps cultivée chez M. Linden et c'est Planchon qui a fait connaître la singularité de son inflorescence.

On en trouvera aussi dans la *Gartenflora* [1], une description due à M. Regel, accompagnée d'une bonne figure d'après la plante vivante. Malheureusement cette espèce si intéressante a, depuis lors, cessé d'être cultivée dans les serres de Gand et de Saint-Pétersbourg.

On doit à Planchon [2] une description détaillée de la structure anatomique de ses feuilles florifères, ainsi qu'une interprétation de leur nature morphologique. Voici les passages les plus importants de cette étude :

« Déjà remarquable comme plante ornementale, le nouvel *Erythrochiton*, dit-il, se recommande surtout par le caractère exceptionnel de l'inflorescence. Qu'on se figure, bien au-dessus du milieu de la *face inférieure (!)* d'une feuille, une courte cyme florale naissant brusquement d'une grosse côte médiane; voilà quelle est cette inflorescence véritablement *hypophylle*... Voyons si l'anatomie d'une part et l'analogie de l'autre justifient ou non ces explications. Et d'abord, un fait qui frappe au premier coup d'œil, c'est le brusque amincissement de la côte médiane au-dessus du point d'insertion de l'inflorescence. Une coupe de cette portion mince de la côte y décèle un seul étui de fibres ligneuses autour d'une moelle centrale. Si l'on coupe, au contraire, la côte moyenne sur un point quelconque entre l'origine de l'inflorescence et le tiers inférieur de la feuille, on voit *le tissu ligneux de cette côte formé de deux étuis bien distincts : l'un supérieur, répondant à la nervure proprement dite et produisant exclusivement toute la charpente fibro-vasculaire de la feuille, l'autre inférieur, à fibres parallèles, et qui toujours séparé du tissu ligneux de la nervure, s'en éloigne brusquement pour former la portion libre de l'inflorescence.* Plus bas, il est vrai, les deux corps ligneux en question, au lieu de former chacun un étui pourvu de sa moelle et de ses rayons médullaires, ne constituent plus que deux gouttières ou demi-étuis simulant par leur raccordement bord à bord un seul étui ligneux autour d'une seule colonne de moelle (colonne résultant elle-même de la fusion des

[1] 1866, p. 132, tab. 507.
[2] *Ann. sc. nat. ser.* 3 t. 19, p. 75

moelles des deux éléments ligneux). En somme pourtant, *le système fibro-vasculaire de la feuille (appendice) et celui de l'inflorescence (axe florifère) partout rapprochés et nulle part confondus, ont l'un et l'autre leur origine dans le rameau; mais*, à l'inverse de la loi commune, *cet axe florifère est inférieur par rapport à l'appendice (feuille) avec lequel* il est normalement et congénitalement soudé. »

« Adressons-nous maintenant à l'analogie en étudiant l'inflorescence de l'*Erythrochiton brasiliensis*. Ici les pédoncules floraux, tout à fait distincts des feuilles, ne sont pourtant pas axillaires : ils semblent plutôt tenir rang dans la spire multiple des feuilles, caractère qui joint à leur forme anguleuse et même étroitement bi-marginée, pourrait les faire comparer dès l'abord, à la feuille florifère de l'*Erythrochiton hypophyllanthus* qu'on supposerait réduite presque à la nervure médiane, par avortement de sa portion membraneuse. Ce serait là pourtant un rapprochement inexact; car tandis que les feuilles florifères en question s'unissent à leur pétiole par un renflement articulaire, rien de semblable n'existe dans les pédoncules tout d'une pièce de l'*Erythrochiton brasiliensis*. Imaginons au contraire que l'un de ces pédoncules contracte une adhérence accidentelle avec le pétiole et la nervure médiane d'une des feuilles qui lui sont superposées, n'aurons-nous pas là reproduit la structure habituelle et normale de l'*Erythrochiton hypophyllanthus ?* Dans cette hypothèse, au moins plausible, *la feuille florifère de cette dernière espèce serait soudée par son revers, non pas avec le pédoncule que la loi d'axillarité des bourgeons semblerait devoir lui donner pour acolyte, mais au pédoncule dévié de l'aisselle de l'une des feuilles qui sont placées au-dessous d'elle.* »

Bien que l'E. hypophyllanthus ne soit représenté, dans l'herbier de Candolle, que par une seule feuille florifère, j'ai pourtant pu vérifier que la structure anatomique de ce singulier organe est bien telle que l'indique Planchon. Or cette structure me paraît être tout à fait analogue à celle des *feuilles fertiles* des plantes à inflorescences épiphylles dont il a été question dans les articles précédents. Seulement, chez celles-ci, c'est

toujours la moitié supérieure du corps ligneux qui aboutit à l'inflorescence, tandis que chez l'*Erythrochiton* l'inflorescence se trouve sur le prolongement de la moitié inférieure du corps ligneux de la nervure. Maintenant est-il nécessaire, pour expliquer cette singularité, d'avoir recours à l'hypothèse hardie de la soudure congénitale d'une feuille avec un bourgeon axillaire né au-dessous d'elle? je ne le pense pas. Il y a évidemment lieu d'appliquer ici, en le retournant, l'argument d'orientation qui a servi déjà à propos des autres plantes à inflorescences épiphylles. Chez l'*Erythrochiton*, en effet, l'orientation des tissus ligneux, dans la moitié inférieure de la feuille, est bien telle qu'elle devrait être pour que cette portion du ligneux correspondît à la base d'un bourgeon. Mais, en revanche, les tissus ligneux, dans la moitié supérieure ont une orientation inverse de celle qui conviendrait à une feuille ordinaire. Ainsi la structure anatomique de la feuille fertile en question ne permet pas de la considérer comme un organe mixte formé de la réunion d'une feuille avec un bourgeon né au-dessous d'elle. Dès lors, n'est-il pas plus naturel d'admettre que l'inflorescence résulte, dans ce cas, d'un surcroît de développement de la portion inférieure de la nervure médiane. Il doit, selon moi, se produire ici, de bonne heure, un dédoublement de la feuille primitive ainsi que cela se passe, accidentellement, pour certaines feuilles monstrueuses munies de deux limbes adossés l'un à l'autre, chez les Aroïdées, par exemple. Du reste, l'examen de l'Erythrochiton brasiliensis me confirme dans cette manière de voir. Ses feuilles sont stériles et pourtant elles ont la même forme et presque les mêmes dimensions que les feuilles fertiles de l'autre espèce. Leur pétiole présente aussi, un peu au-dessus de sa base, une articulation accusée par un renflement très visible[1].

Voici maintenant quelle est la structure interne de la feuille : au-des-

[1] Si Planchon n'a pas vu cette articulation, c'est sans doute parce qu'il n'a pas eu en mains un échantillon en bon état. Elle est très prononcée sur toutes les feuilles de l'échantillon de Spruce que j'ai sous les yeux, et on la voit fidèlement reproduite dans la *Flora Brasiliensis* (v. 12, pars 2, p. 107, pl. 22) où se trouve une excellente figure de l'espèce.

sous de l'articulation la coupe transversale du pétiole renferme un système fermé, composé d'une bande ligneuse continue à contour triangulaire. Dans l'articulation ce système est subdivisé en faisceaux distincts, répartis sur une courbe fermée presque circulaire, à l'intérieur de laquelle se trouve un second rang incomplet de faisceaux distincts. Au-dessus de l'articulation, dans le pétiole et dans la nervure médiane du limbe, les faisceaux se confondent de nouveau en un anneau continu. Mais cet anneau n'a plus la forme triangulaire et, chose curieuse, il offre l'aspect de deux arcs continus se raccordant par leurs extrémités (fig. 19*bis*).

Ainsi les feuilles stériles de cette espèce ont la même structure que les feuilles fertiles de l'*E. hypophyllanthus*, à cela près que le système ligneux de leur nervure médiane n'est pas dédoublé. Il est à remarquer, en outre, que chez l'une et l'autre espèce les nervures secondaires elles-mêmes renferment aussi un système fermé (fig. 19 *ter*). Cela étant, les feuilles de ces deux plantes doivent être considérées comme des phyllomes ayant atteint un haut degré de développement. Ce développement est à son maximum chez l'*E. hypophyllanthus* où il aboutit à la formation de l'inflorescence, mais il est permis de croire que les feuilles stériles de l'*E. Brasiliensis* sont bien près de devenir elle-mêmes fertiles, à en juger par la forme de leur système ligneux qui semble manifester une tendance au dédoublement. J'irai même plus loin et j'avouerai qu'une observation attentive des pédoncules florifères de cette espèce me décide presque à adopter la supposition, écartée d'emblée par Planchon, d'après laquelle ces pédoncules ne seraient eux-mêmes que des phyllomes sans limbes. Ils font, en effet, partie de la série des feuilles et je ne retrouve au-dessous d'eux aucune cicatrice indiquant qu'ils soient axillaires. Leur base s'élargit vers l'insertion, comme celle des feuilles dont elle a tout à fait le caractère. Quant à leur section transversale elle a la même forme et la même structure que celle des pétioles au-dessous de l'articulation. Celle-ci, en revanche, ne se retrouve pas sur les pédoncules.

III

Les faits qui viennent d'être exposés peuvent se résumer de la manière suivante :

1° Les stipules occupent toujours leur place normale à la base du pétiole, sur les feuilles fertiles comme sur les feuilles stériles.

2° Dans la plupart des cas il existe un bourgeon axillaire normal à l'aisselle des feuilles des deux catégories.

3° Chez toutes les espèces étudiées, à l'exception des *Chailletia pedunculata*, *capitulifera* et *Stephanodium* la structure interne du pétiole, près de l'insertion, est la même dans la feuille fertile que dans la feuille stérile. Elle consiste en un arc ligneux ouvert du côté de la face supérieure, comme dans la plupart des feuilles ordinaires.

Chez les trois Chailletiacées exceptionnelles qui viennent d'être indiquées, la base du pétiole des feuilles fertiles renferme, il est vrai, un système ligneux fermé jusqu'au-dessous de l'insertion sur le rameau.

Mais la portion supérieure de ce système a le *phloem* en dehors et le *xylem* à l'intérieur, comme dans toute feuille ordinaire à système fermé, tandis que les tissus de cette portion supérieure seraient orientés en sens inverse s'ils correspondaient à la base d'un bourgeon axillaire. D'ailleurs il existe des plantes ordinaires telles que les *Tecoma* et *Liriodendron* dont les feuilles ont un système ligneux fermé jusque dans leur insertion.

Chez le *Stephanodium,* le ligneux supérieur du pétiole fertile occupe manifestement la place d'une portion du parenchyme du pétiole stérile. Enfin les pétioles fertiles de cette espèce, de même que ceux du *Chailletia capitulifera*, sont pourvus de faisceaux intracorticaux tels que ceux qui existent si fréquemment, dans les feuilles ordinaires à système fermé.

Il est donc permis de conclure que, chez les espèces qui ont fait l'objet de ces études, *la position normale des stipules ainsi que la structure anato-*

mique des feuilles prouvent que l'inflorescence épiphylle est un produit de la feuille et non un bourgeon axillaire entraîné avec elle par une accrescence subséquente de l'axe.

4° *L'étude du développement de la feuille fertile a conduit à la même conclusion en ce qui concerne les Helwingia et Phyllonoma.*

5° Lorsque l'inflorescence occupe la face supérieure du limbe elle résulte d'un surcroît de développement des tissus de cette face de la feuille. Chez le *Polycardia phyllanthoides*, dont l'inflorescence est terminale par rapport à la feuille, ce surcroît de développement doit se produire simultanément dans toute la phériphérie du sommet de la feuille, ce qu'il sera intéressant de vérifier lorsqu'on pourra suivre l'évolution de cette espèce. Enfin il me semble extrêmement probable que chez l'*Erythrochiton*, dont le développement n'a pas encore pu être étudié, c'est la face inférieure de la feuille primitive qui produit l'inflorescence.

6° Toutes celles des plantes à inflorescences épiphylles que j'ai pu examiner ont des feuilles stériles naissant, sur chaque axe, avant les feuilles fertiles qui sont, à leur tour, suivies d'une seconde production de feuilles stériles. Cette succession, sur la même plante, de types foliaires plus ou moins compliqués, cette *hétérophyllie*, se retrouve, à un moindre degré il est vrai, chez toutes les Phanérogames et ce que l'on a l'habitude d'appeler la *métamorphose* des feuilles en organes floraux n'en est, ce me semble, qu'un cas particulier.

L'hétérophyllie a de tout temps été remarquée en ce qui concerne la forme extérieure des feuilles. On a, de bonne heure, observé les *feuilles primordiales* de la gemmule, ainsi que les feuilles *radicales* et *florales* d'un grand nombre d'espèces. Dans un récent travail M. Masters[1] a exposé en détail les variations des feuilles chez les Conifères. Il désigne sous le nom de feuilles *primordiales* ou *protomorphiques*[2] celles qui se

[1] Review of some points in the comparative morphology anatomy and life history of the Coniferæ, *Journ. of the Linn. Soc.* v. XXVII, n° 183-184, 1890 (lu à la Société Linnéenne de Londres en avril 1889).

[2] Cette seconde expression me semble préférable à celle de *feuilles primordiales* qui a été, jusqu'ici.

forment entre les cotylédons et les feuilles normales. Il indique, avec soin, les transitions qui relient entre eux ces types divers. M. Daguillon[1] vient aussi d'exposer les résultats d'une étude approfondie de ces mêmes gradations de forme et de structure dans le groupe des *Abiétinées*.

Dans un précédent écrit[2] j'avais déjà traité cette question de l'hétérophyllie, à propos de la structure interne des feuilles. Mes recherches m'avaient amené à reconnaître que les feuilles à système ligneux fermé sont toujours précédées et souvent suivies, sur le même axe, de feuilles plus simples à système ligneux ouvert.

Le fait est que les organes considérés comme de nature foliaire, les *phyllomes* pour employer un terme n'impliquant ni forme ni fonction spéciale, diffèrent grandement les uns des autres, tant sous le rapport de leurs caractères apparents externes que sous celui de leur structure interne. En réalité, ils n'ont de commun que les débuts de leur développement. Tous naissent, en effet, directement sur le point végétatif, sous forme de saillies composées d'un méristème homogène dont le sommet perd très vite la faculté de s'accroître. Plus tard ces saillies primitives se compliquent plus ou moins par le développement ultérieur de leur propre tissu et sans nouvelle participation de l'axe qui les a produites. Ce développement peut atteindre des degrés fort divers. Dans une foule de cas il cesse après la formation d'un limbe tantôt sessile, tantôt muni d'un pétiole résultant du simple allongement de la base de la saillie primitive. Mais il arrive très souvent que celle-ci, au lieu de s'allonger et de s'étaler en un limbe unique, donne elle-même naissance à d'autres saillies secondaires qui peuvent aussi rester simples ou pousser à leur tour des saillies de troisième ordre, et ainsi de suite. De là résultent des feuilles composées plus ou moins compliquées.

employée dans un sens plus restreint pour désigner les toutes premières feuilles qui succèdent immédiatement aux cotylédons.

[1] Sur le polymorphisme des Abiétinées. *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.* janvier 1889. Recherches sur les feuilles des Conifères. *Revue gén. de bot.* t. 2, p. 256 ; 1890.

[2] Anatomie comparée des feuilles chez quelques familles de Dicotylédones. *Mém. Soc. Phys. et Hist. Nat.*, t. XXVI, 2me part. Genève 1879.

A ces variations externes s'ajoutent des différences non moins remarquables dans la structure interne. En effet, les phyllomes ont, presque toujours, les tissus moins développés du côté de leur face supérieure que du côté de leur face inférieure. Or, cette inégalité du développement des deux côtés du phyllome peut être plus ou moins accentuée. De là une grande diversité dans l'apparence que présente sa coupe transversale. Lorsque l'inégalité est très prononcée, la coupe transversale présente un système ligneux en forme d'arc ouvert du côté supérieur. C'est le cas le plus ordinaire. Mais beaucoup de phyllomes renferment un système ligneux complet en tous sens et dont la section transversale est un anneau fermé. Dans ce cas l'inégalité de développement des deux portions de l'organe ne se manifeste plus que par la moindre épaisseur ou la forme déprimée du bord supérieur de l'anneau.

Dans beaucoup de feuilles à système fermé les faisceaux ligneux de la face supérieure ne correspondent à aucun développement externe. Mais, le plus souvent, ils aboutissent à des folioles ou à la portion supérieure du limbe lorsque celui-ci est de forme peltée et aussi lorsqu'il se développe en ascidie.

Enfin, dans quelques cas rares, le ligneux de la face supérieure correspond à une véritable pousse, comme cela se voit chez les plantes à inflorescences épiphylles. D'autre part les feuilles fertiles de ces plantes exceptionnelles sont toujours précédées de feuilles stériles dont le degré de développement varie d'une espèce à l'autre. Les feuilles stériles de l'*Helwingia*, par exemple, n'ont qu'un système ouvert, tandis que celles du *Chailletia capitulifera* sont pourvues d'un système fermé semblable à celui des feuilles fertiles. Dans ce second cas la différence entre les deux sortes de feuilles se réduit à la présence de l'inflorescence et l'on peut dire que la production de cette inflorescence s'annonce déjà dans la feuille stérile, par la formation d'un système ligneux fermé. En définitive on voit que *la feuille fertile représente le type le plus développé de de toute la série des phyllomes.*

Les feuilles de cette catégorie sont assurément très rares chez les

Phanérogames de l'époque actuelle et rien n'indique qu'elles aient été jadis plus communes. En revanche la fréquence des feuilles stériles à système ligneux fermé, chez les Dicotylédones de notre époque, donne presque à penser que les plantes à feuilles fertiles pourront, par la suite, devenir moins rares qu'aujourd'hui. Enfin il convient de faire remarquer que les espèces à inflorescences épiphylles, observées jusqu'ici, croissent dans les régions intertropicales du globe, à la seule exception de l'*Helwingia* qui est du Japon.

7° Les résultats de cette étude ne manquent pas d'importance au point de vue de la morphologie générale. Des recherches antérieures m'avaient déjà montré que la feuille et le rameau, abstraction faite de leur mode de formation sur l'axe commun, ne diffèrent que par une inégalité de développement. Le rameau est une pousse à accroissement indéfini ou, en tous cas, prolongé et dont les tissus se développent également, ou presque également, en tous sens autour de leur axe de figure. La feuille, d'autre part, est une pousse limitée, dont les tissus se développent ordinairement beaucoup moins du côté de la face supérieure que du côté de la face inférieure. Les cladodes représentent un type intermédiaire entre ces deux sortes de pousses. Ils fournissent, en effet, l'exemple de rameaux à accroissement limité et qui prennent la forme de feuilles. Inversement il existe de véritables feuilles dont les tissus se développent également en tous sens et qui ne diffèrent plus des rameaux que par leur accroissement limité ainsi que par le fait qu'elles naissent avant eux sur le point végétatif. Enfin les *feuilles fertiles* des plantes à inflorescences épiphylles, sont des *phyllomes* capables d'un accroissement prolongé qui semble même indéfini dans le cas du *Begonia sinuata*. On voit donc que, sous le double rapport de la structure et de l'accroissement, il y a une transition graduelle entre la feuille et le rameau.

EXPLICATION DES PLANCHES

N. B. Les figures[1] contenues dans ces deux planches sont des réductions de croquis dessinés à la chambre claire. Les grossissements mentionnés ci-après sont ceux correspondants aux croquis eux-mêmes et les fractions entre parenthèses indiquent le degré de réduction de ces croquis.

PLANCHE I

Helwingia Japonica.

Fig 1. Feuille fertile, grandeur naturelle.

Fig. 2. Coupe transversale du pétiole de la feuille fertile, un peu au-dessus de l'insertion.

Fig. 3. Coupe transversale du pétiole de la feuille fertile, un peu plus haut.

Fig. 4. Coupe transversale du pétiole de la feuille fertile, encore plus haut soit à 2 millimètres au-dessus de l'insertion.

Fig. 5. Coupe transversale du pétiole de la feuille fertile, au milieu du pétiole.

Fig. 6. Coupe transversale de la nervure médiane, au-dessous de l'inflorescence.

Fig. 7. Coupe transversale de la nervure médiane, immédiatement au-dessous de l'inflorescence.

Fig. 8. Coupe transversale de la nervure médiane, au-dessus de l'inflorescence.

Fig. 9. Rameau portant des feuilles stériles, de grandeur naturelle. Les deux plus petites appartiennent à un rameau secondaire et ne sont pas entièrement développées.

Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12. } Coupes transversales du pétiole d'une feuille stérile, aux mêmes niveaux que pour les figures : 1, 5, 6.

Fig. 13. Bourgeon terminal, *1*, *2*, *3*, les trois écailles externes munies de leurs stipules filiformes, grossissement d'environ : 4, (2 $^1/_2$).

Fig. 14. Reproduction de la figure 21 de Payer, représentant le sommet du bourgeon terminal, selon cet auteur.

Fig. 15. Sommet du bourgeon terminal tel que je l'ai vu, *f*, *f* septième et huitième feuilles, *s*

[1] Je me fais un plaisir d'exprimer ici ma vive reconnaissance à M. H. Feer qui a bien voulu dessiner ces figures d'après les croquis que j'avais faits à la chambre claire, en les réduisant de manière à les grouper dans ces deux planches.

une des stipules de la septième feuille, *v* point végétatif, *i* protubérance primitive de l'inflorescence. grossissement : 160, ($^2/_3$)

Fig. 16. Coupe longitudinale du sommet d'un bourgeon terminal, *r* renflement de la feuille, *i* protubérance primitive de l'inflorescence, grossissement : 160, ($^2/_3$).

Fig. 17. Jeune feuille vue de profil, dont la face supérieure est renflée en *r* et dont les deux premières dents commencent à se former, grossissement : 160, ($^2/_3$).

Fig. 18. Feuille de la figure précédente vue de face, *s*, *s* stipules, *i* renflement de la base de la feuille. La portion supérieure de celle-ci se présentant un peu en raccourci, les dents du limbe ne sont pas accusées, *v* point végétatif du bourgeon, grossissement : 160, ($^3/_4$).

Fig. 19. Feuille plus âgée, *a* l'une des deux premières dents du limbe, *s* l'une des stipules, *i* protubérance primitive de l'inflorescence. Cette protubérance termine le renflement de la portion inférieure de la feuille (en coupe longitudinale elle se présenterait comme dans la figure 16 à droite), grossissement : 160, ($^1/_2$).

Erythrochiton Brasiliensis.

19 *bis*. Coupe transversale de la nervure médiane, grossissement : 20.

19 *ter*. Coupe transversale d'une nervure secondaire.

PLANCHE II

Phyllonoma laticuspis.

Fig. 20. Feuille fertile, de grandeur naturelle.

Fig. 21. Coupe transversale du pétiole de la feuille fertile, un peu au-dessus de l'insertion.

Fig. 22. Coupe transversale du pétiole de la feuille fertile, au milieu.

Fig. 23. Coupe transversale de la nervure médiane, *au-dessous* de l'inflorescence.

Fig. 24. Coupe transversale de la nervure médiane, *au-dessus* de l'inflorescence.

Fig. 25. Sommet du bourgeon terminal, grossissement : 370, ($^2/_3$). *1*: la plus jeune feuille; *2*, *3* : celles situées immédiatement au dessous.

Fig. 26. Quatrième feuille à partir du sommet, *i* protubérance primitive de l'inflorescence, grossissement : 160, ($^2/_3$).

Chailletia pedunculata.

Fig. 27. Feuille fertile, de grandeur naturelle. A la base du pétiole se trouvent deux stipules lancéolées dont l'une est vue de face.

Fig. 28. Coupe transversale du pétiole de la feuille *stérile*, au milieu.
Fig. 29. Coupe transversale du pétiole de la feuille *fertile*, au milieu.

CHAILLETIA CAPITULIFERA.

Fig. 30. Coupe transversale du pétiole de la feuille, à la base.
Fig. 31. Coupe transversale du pétiole de la feuille, au milieu.
Fig. 32. Coupe transversale de la nervure médiane de la feuille.

STEPHANODIUM.

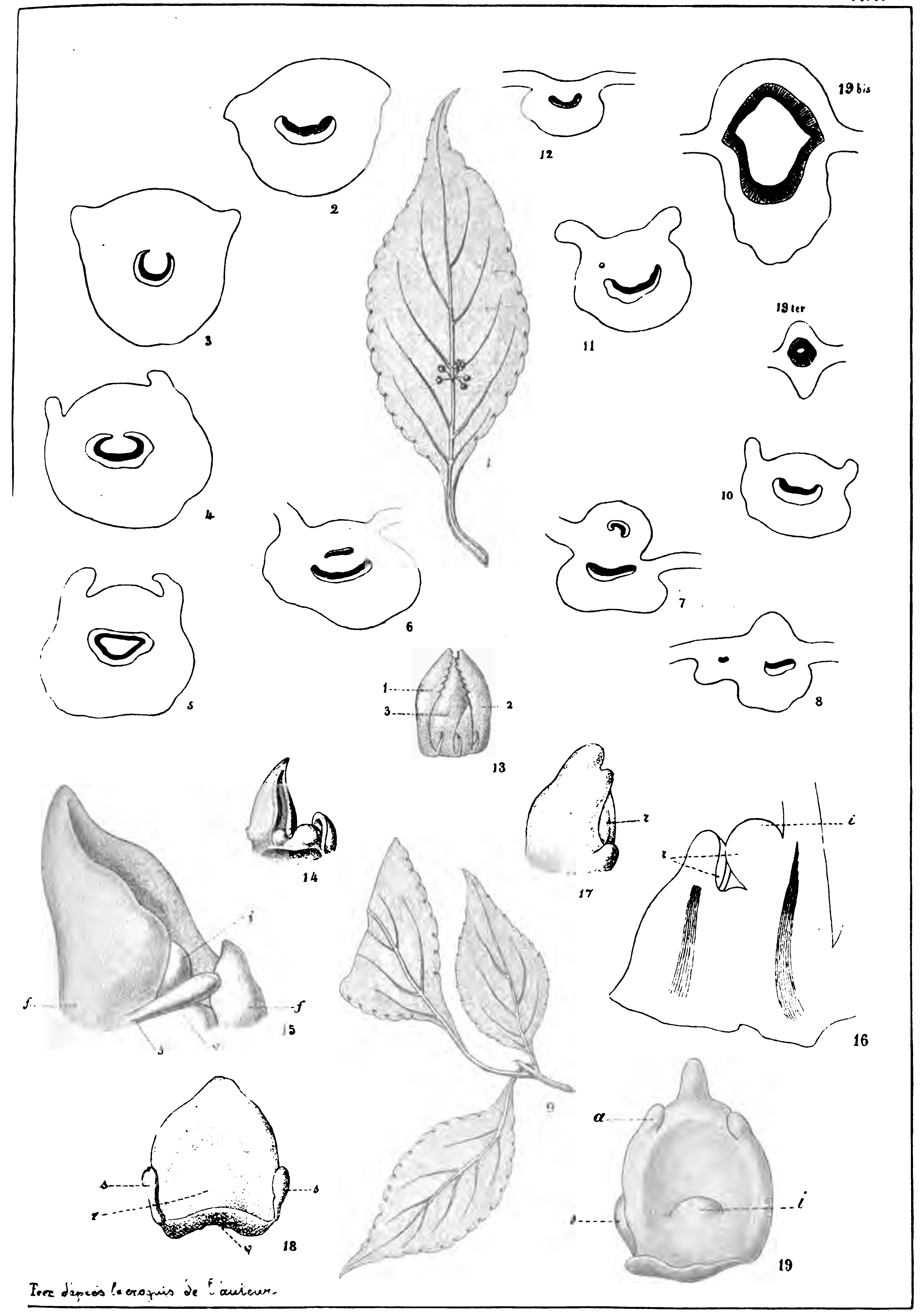
Fig. 33. Coupe transversale du *pétiole* de la feuille *stérile*, à la base.
Fig. 34. Coupe transversale du *pétiole* de la feuille *stérile*, au milieu.
Fig. 35. Coupe transversale du *pétiole* de la feuille *fertile*, à la base et au milieu.
Fig. 36. Coupe transversale du *pétiole* de la feuille *fertile*, au sommet. Entre les deux masses ligneuses principales se trouvent 3 faisceaux complétant le système de l'inflorescence.
Fig. 37. Coupe transversale de la *nervure médiane* de la feuille *fertile* et *stérile*.

POLYCARDIA PHYLLANTHOIDES.

Fig. 38 et 39. Rameau portant une feuille stérile à gauche et une feuille fertile à droite. Dans la feuille stérile le système ligneux est fermé depuis le niveau indiqué.
Fig. 40. Coupe transversale du pétiole de la feuille *fertile*, à la base.
Fig. 41. Coupe transversale du pétiole de la feuille *fertile*, au milieu.

POLYCARDIA HILDBRANDTII.

Fig. 42. Feuille fertile, de grandeur naturelle.
Fig. 43. Coupe transversale du pétiole de la feuille *fertile*, à la base.
Fig. 44. Coupe transversale du pétiole de la feuille *fertile*, au-dessus de la base.
Fig. 45. Coupe transversale de la nervure médiane, au-dessous de l'inflorescence.
Fig. 46. Coupe transversale de la nervure médiane, immédiatement sous l'inflorescence.
Fig. 47. Coupe transversale du rameau, au niveau de l'insertion du pétiole, *f* système ligneux de la feuille, *b* du bourgeon axillaire, *r* du rameau.


Tracé d'après le croquis de l'auteur.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — No 7.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

MONOGRAPHIA

POLYGALACEARUM

AUCTORE

Dr Robert CHODAT
PROF. IN UNIVERSITATE GENÆVENSI

PREMIÈRE PARTIE, AVEC 12 PLANCHES

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — No 7.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

MONOGRAPHIA

POLYGALACEARUM

AUCTORE

Dr Robert CHODAT
PROF. IN UNIVERSITATE GENÆVENSI

PREMIÈRE PARTIE. AVEC 12 PLANCHES

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

ILLUSTRISSIMO

JOHANNO MUELLERO ARGOVIENSI

PROF. HONORARIO UNIV. GENEV.

MONOGRAPHIA GRATISSIME DICATA

Genævæ, 1890.

R. CHODAT.

PRÉFACE

Cette monographie, commencée en 1885, est maintenant arrivée à sa fin. La seconde partie, qui n'a pu trouver place dans le volume présent des *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle*, paraîtra dans le prochain volume de cette publication. Qu'il me soit permis de remercier ici publiquement M. le prof. J. Müller, Argov., sur l'instigation duquel j'ai commencé ce travail. En outre, MM. de Candolle et Barbey, à Genève, m'ont rendu le travail facile, grâce à la bienveillance avec laquelle ils ont mis à ma disposition leurs riches collections et leurs bibliothèques. J'ai eu entre les mains les herbiers suivants ainsi que des échantillons isolés de :

L'herbier du Prodrome,
» général de Candolle,
» Boissier (orient.),
» Boissier gen.,
» Reuter,
» Delessert,
» de Zurich,
» du Museum de Paris,
» de Munich,
» de Berlin,
» » collection Willdenow,
» de Bruxelles,
La collection Pittier et Durand de Costa Rica avec les originaux précieux qui y sont conservés.
Id. Krüger et Urban, H. des Antilles (Berlin).

Chaque fois que cela m'a paru utile, j'ai indiqué dans le texte l'herbier type.

Je dois ces riches matériaux à l'obligeance de MM. de Candolle, Alph.; Barbey, W.; Autran, conservateur de l'herbier Boissier; prof. Müller, herbier Delessert; Micheli; prof. Baillon; Maury (Paris); prof. Radlkofer (Munich); prof. Urban et Engler (Berlin); Crépin et Durand (Bruxelles); Jäggi(Zurich).

Je prends ici l'occasion de remercier toutes les personnes dont je viens de citer les noms.

J'ajouterai que, lorsque dans ce mémoire le contraire n'est pas indiqué, toutes les observations et descriptions sont originales, de même que les dessins autographiés.

Genève, juillet 1890.

R. CHODAT.

PREMIÈRE PARTIE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

ANATOMIE, PHYSIOLOGIE, DISTRIBUTION ET AFFINITÉS

LA RACINE

On n'a pas, jusqu'à ce jour, des données précises et générales sur la racine chez les Polygalacées. Seule celle de *P. senega* L. a été l'objet d'une étude plus approfondie; cependant jamais, à ma connaissance, on ne l'a étudiée dans son développement[1].

Nous l'examinerons chez différentes espèces caractéristiques.

P. chamæbuxus L. Après la germination, la racine s'allonge beaucoup, tout en restant filiforme. Elle se ramifie rapidement et est positivement géotropique. Plus les ramifications sont près du sommet plus elles sont douées de cette irritabilité. Cette jeune racine atteint peu après la germination, alors que seuls encore les cotylédons sont développés, 5-10 cm. de longueur. Elle est blanche, tandis que son extrémité et celle des ramifications sont brunâtres. Presque tout le corps de la racine et de ses ramifications est couvert de poils absorbants; ils ne s'arrêtent qu'à une distance du sommet égale d'ordinaire à $^1/_2$-1 cm. Ces poils absorbants

[1] Walpers, *Bot. Zeit.*, 1851, p. 297. Wigand, in *Flora*, 1856. Berg, *Atl. z. Pharmacognos*, tab. VIII. Fluckiger, *Pharmac.*, p. 409.

sont très allongés, incolores, flexibles, ordinairement soudés avec des particules terreuses, excédant souvent le diamètre du membre qui les porte (fig. 1, tab. I). La racine principale et ses ramifications présentent vers leur sommet organique un renflement pyriforme foncé qui va s'amincissant en formant leur terminaison. Ce petit cône terminal n'est autre chose que ce que Pyr. de Candolle avait nommé spongiole, c'est-à-dire la coiffe et une partie (terminale) du tissu embryonnaire de la jeune racine. En effet, une coupe longitudinale à travers cette partie (fig. 6, tab. I) montre au centre un cylindre nettement délimité, c'est le *Plérome*. Sur celui-ci s'étend une couche très mince au sommet du plérome (1-2 couches de cellules) mais allant s'élargissant de ce point. Cette seconde couche est le périblème. Au-dessus on voit (au sommet) du tissu embryonnaire, formé de cellules quadrangulaires ou polyédriques en voie de division et qui se différencie, passablement au-dessous du sommet du plérome (v. fig. 6 *dr*, tab. I), en une couche intérieure, unique, c'est-à-dire à une assise de cellules, le dermatogène, et une extérieure à plusieurs assises, la coiffe. Cette couche commune à ces deux éléments n'est pas différenciée au-dessus du sommet du plérome et du périblème. A cet endroit elle forme, par anticlines et péniclines, constamment de nouvelles cellules à développement basipétale. Les plus extérieures sont grandes, ovales et plus ou moins libres. En se détachant constamment du sommet de la racine après leur mort qui ne tarde pas à arriver, elles exfolient la coiffe qui doit continuellement se régénérer. L'épaisseur de la coiffe avec la couche calyptrogène est un peu plus grande que le diamètre du plérome. Toute la coiffe est remplie d'une huile jaune brunâtre et son sommet est fortement humifié, noirâtre.

Les cellules limites du plérome sont tabulaires, allongées dans le sens tangentiel et nettement distinctes des tissus environnants. Celles du sommet du plérome sont moins aplaties, plus isodiamétriques, quadrangulaires ou polyédriques, assez grandes et forment 4-6 assises, au-dessous desquelles les cellules du plérome s'allongent fortement, tangentiellement.

On voit par ce qui précède que le plérome et le périblème sont nettement séparés. Ils ont leurs initiales propres. La coiffe et le dermatogène ont un tissu embryonnaire commun, c'est-à-dire des initiales communes. Ceci, loin d'être particulier aux Polygala, paraît être le mode le plus commun chez les Dicotylées. La coiffe s'exfolie dans les parties les plus âgées jusqu'à la couche interne qui est le dermatogène, ou mieux l'assise pilifère. En effet, certaines de ses cellules, en grand nombre, s'allongent en poils absorbants. Par sa naissance, l'assise pilifère n'est pas réellement un épiderme, car elle n'est pas la couche la plus externe de la racine; d'autre part, dans la suite, elle ne joue pas non plus le rôle d'épiderme, car dès que les poils absorbants sont flétris, elle s'exfolie et ne fonctionne plus comme tissu limite ou tissu protecteur. Elle n'a pas non plus une structure spécialisée, ses parois ne sont point cutinisées et inégalement épaissies, elles sont semblables à celles des cellules de l'écorce primaire et ne s'en distinguent que par leur origine.

Si la coupe longitudinale du sommet de la jeune racine est suffisamment longue, elle permettra de constater la naissance de vaisseaux différenciés dans le plérome. Un peu au-dessous du point de différenciation de la couche calyptrogène ou assise pilifère, on voit vers l'extérieur du plérome, des cellules allongées, munies d'un épaississement spiralé et qui donneront des vaisseaux spiralés (trachées). Ces premiers vaisseaux sont accompagnés de cellules allongées (fibres) ponctuées.

Pour bien comprendre la structure de la racine primaire, il faut faire des coupes transversales minces, $^1/_2$-1 cm. au-dessous de la coiffe (fig. 2, tab. I). On voit à l'extérieur l'assise pilifère, à peine distincte du parenchyme cortical (périblème) sous-jacent. Ce dernier est formé par quelques couches de cellules à parois minces (3-5), dont les plus extérieures sont allongées tangentiellement, les plus intérieures plus ou moins isodiamétriques ou allongées radiairement. L'épaisseur de cette écorce primaire est égale

[1] Oudeman, Ueb. den Sitz der Epidermis bei Luftwurzeln. *Abhandl. d. Akad.*, Amsterdam. *Math. phys. Klasse,* IX (1861). De Bary, *Vegetationsorgane*, p. 129.

à celle du cylindre central. L'assise la plus centrale vient s'appliquer contre une assise de cellules beaucoup plus petites et nettement différenciées du reste du tissu. Cette nouvelle assise forme un anneau qui entoure la partie centrale de la racine. Contrairement à ce qui se remarque pour les cellules du périblème, leurs parois sont épaissies, avec un maximum vers l'extérieur. L'épaisissement des anticlines diminue vers l'intérieur et les périclines intérieures sont plus minces que les extérieures. Ces parois sont subérifiées en partie, ce qui fait qu'elles ne sont pas colorées par les réactifs de la cellulose (H_2SO_4 et I; rouge Congo). Sur la coupe que je viens d'indiquer, ces cellules sont au nombre de seize et forment un anneau elliptique qui n'est autre que ce que l'on a nommé endoderme. (Schutzscheide de Caspary, in *Pringsh. Jahrbch.*, I, 441, ibid. IV, p. 101; Kernscheide de Berg., *Pharmacognos.*). Contrairement à ce qui est connu pour la plupart des Dicotylées et Monocotylées examinées, le maximum d'épaississement n'est pas primitivement au milieu des parois anticlines. Il me semble qu'on a trop généralisé, ainsi que l'ont fait De Bary et Van Thiegem en donnant comme caractère distinctif de cette assise l'ondulation des parois latérales (anticlines). D'autre part l'endoderme de *P. chamæbuxus* diffère de la plupart de ceux des Dicotylées parce qu'il s'épaissit de très bonne heure et que l'épaississement maximum ne se fait pas sur les périclines intérieures mais sur les extérieures.

Cet endoderme ressemble beaucoup à celui de *Nephrodium filix mas* (Berg. Atl., tab. XVII, fig. 43 D). Si on examine une coupe de jeune racine à un fort grossissement (800 diam.), on voit les parois de l'endoderme qui sont dans le plan de la coupe présenter des stries irrégulières, légèrement ondulées et occupant les trois quarts de la paroi. Ces stries sont radiales et représentent de fines zones d'amincissement. Toutes les cellules de l'endoderme sont reliées les unes aux autres sans aucune solution de continuité et leur forme est plus ou moins quadrangulaire, tabulaire, un peu aplatie dans le sens tangentiel. Leur épaississement n'atteint jamais plus du $^1/_6$ du diamètre de la cellule.

Le contenu de ces cellules n'est pas caractéristique, c'est du protoplasma hyalin sans granulations apparentes.

L'endoderme repose immédiatement sur une couche unique, qui a été nommée *assise périphérique* par V. Thiegem. Ses cellules sont en nombre égal à celles de l'endoderme, mais alternes avec elles. Leurs parois ne sont pas épaissies ni subérifiées, mais formées de cellulose pure. Elles forment la première assise du cylindre central. On remarque au milieu de ce cylindre (elliptique) un faisceau ligneux, formé de deux ou plusieurs couches de cellules lignifiées, à section elliptique, avec son grand axe dans celui du cylindre central. On a pu s'assurer par la coupe longitudinale, de la composition de ce faisceau central. Les fibres ponctuées (vaisseaux?) y sont en majorité à côté de quelques cellules spiralées.

On remarque aussi que leurs parois sont fortement épaissies et leur section polygonale. En traitant la coupe par le réactif genevois (mélange de rouge Congo avec un peu de chrysoïdine) on voit que ces parois sont lignifiées, car elles prennent une couleur jaune-paille, tandis que les éléments cellulosiques se colorent en beau rose[1].

Des deux côtés du faisceau central ligneux et s'appuyant immédiatement sur l'assise phériphérique, se trouvent deux faisceaux libériens; leurs éléments sont très minces et leurs parois tendres. Ils forment deux arcs latéraux le plus souvent un peu plus courts que le faisceau central, duquel ils sont séparés par une seule assise de parenchyme à grandes cellules, de même diamètre que celles du faisceau ligneux. Leurs éléments sont formés de cellulose pure.

On voit par ce qui précède que la structure primaire de la racine chez *P. chamæbuxus* est toute particulière. Il n'y a qu'un faisceau ligneux primaire, central et deux faisceaux libériens primaires latéraux.

Cette constitution paraît générale pour tout le genre. J'ai examiné un

[1] Ce réactif, sous cette forme de mélange, est excessivement précieux. Il a tout d'abord l'avantage d'être facilement employé et d'une action rapide, mais aussi celui de ne pas être modifié par la gélatine glycérinée employée pour les inclusions. J'aurai souvent encore l'occasion d'en parler dans le cours de cet ouvrage.

grand nombre de jeunes racines dans les différents groupes, j'ai toujours retrouvé cette structure. Je reproduis deux dessins de cette structure chez deux plantes très différentes par leurs affinités : *P. chamæbuxus* et *P. paludosa*, S. Hil. (Tab. I, fig. 2, 3 et 4)

Chez cette dernière espèce, le faisceau ligneux central présente une section quadrangulaire isodiamétrique et non elliptique et finalement circulaire. Les éléments de l'écorce sont aussi plus grands par rapport à l'endoderme que chez *P. chamæbuxus*. Les éléments vasculaires qui composent le faisceau central chez *P. paludosa*, var. *angustocarpa nob.*, ont une section plus arrondie que ceux de *P. chamæbuxus*. On remarque souvent, au centre du faisceau, un grand vaisseau. La racine des Polygala est donc une racine binaire comme celle de beaucoup de Phanérogames, telles que Crucifères, Ombellifères, Légumineuses, p. p. Cet arrangement exclut totalement la possibilité d'une moelle centrale. Par ce caractère les *Polygalacées* s'éloignent fortement des *Pittosporées*, qu'on a longtemps considérées comme voisines des Polygalacées et qui ont, comme on le sait d'après les travaux de MM. Müller et Van Tieghem, plusieurs faisceaux libériens et ligneux.

J'ai dit plus haut qu'entre le faisceau ligneux central et les deux faisceaux libériens se trouve une rangée unique ou double de parenchyme. C'est au moyen de cette zone fonctionnant comme méristème que le faisceau ligneux central augmente. Ce dernier s'appuie plus tard immédiatement par deux de ses bouts, les deux sommets de l'ellipse, sur l'assise périphérique, mais il est primitivement assez distant de celle-ci. C'est aussi au moyen de ce méristème que le liber augmente, mais il est probable que là où le faisceau ligneux s'appuie immédiatement sur l'assise périphérique, celle-ci joue un rôle analogue en donnant naissance à du liber; car, dans la suite, ce dernier forme un anneau complet autour du bois épaissi. Ce développement peut aussi bien s'observer sur la racine primaire terminale que sur les terminaisons de ses ramifications.

Les radicelles sont formées tout entières aux dépens de l'assise périphérique et sont disposées à peu près sur deux rangs. Cette formation a lieu

à un moment où l'anneau complet du liber n'est pas encore formé. Elles naissent en alternance avec les faisceaux libériens. Le faisceau ligneux central se continue directement dans le faisceau de la radicelle; les deux faisceaux libériens se continuent aussi directement. L'endoderme ne prend pas part à cette formation. Il est repoussé et distendu. Finalement il se rompt pour laisser passer la jeune radicelle avec sa coiffe, son dermatogène et son cylindre central. Les faisceaux de la radicelle sont longitudinaux par rapport à la racine terminale, c'est-à-dire qu'une coupe transversale d'une jeune radicelle montre le grand axe du faisceau ligneux central dirigé verticalement dans la direction de la racine terminale. Encore ici la racine des Polygala ne fait pas exception à la loi générale des Dicotylées.

A vrai dire, il n'y a pas de structure secondaire chez les Polygalacées quant à leurs racines. J'ai déjà dit plus haut que le faisceau central, ligneux, augmente par l'adjonction de nouveaux éléments aux anciens déjà existants. Il en est de même pour le liber. Ceci fait que jamais le faisceau ligneux primaire n'apparaît séparé du faisceau secondaire, comme c'est le cas pour la capucine, dont la racine possède aussi une structure binaire.

Peu à peu le cylindre central augmentant, l'endoderme et l'assise périphérique, quand cette dernière n'a pas servi à la formation d'un nouveau liber, sont détruits et l'écorce primaire devient l'écorce secondaire.

Les cellules de cette écorce primaire peuvent aussi se subdiviser et suivre ainsi le développement du cylindre central. Le plus souvent son développement (de l'écorce) est peu rapide. Elle ne forme alors qu'une couche très mince sur le reste de l'écorce libérienne qui, elle, n'augmente pas beaucoup non plus. A quelques exceptions près, le bois prédomine d'une manière absolue. La moelle manque naturellement toujours.

Chez *P. vulgaris* et ceux de son groupe, comme aussi chez le plus grand nombre des espèces exotiques, la racine terminale s'allonge et se ramifie. Le corps de la racine reste le plus souvent mince et les ramifications peu nombreuses. Un exemple singulier de l'effet du sous-sol sur le dévelop-

pement des racines nous est fourni par *P. vulgaris*, var. *palustris nob* (fig. 9, tabl II). Chez cette variété, la racine primaire terminale reste à peu près simple et s'allonge jusqu'à atteindre plusieurs fois la longueur de la partie végétative. Cette plante habite le *sphagnum* d'Einsideln, en Suisse, et paraît devoir allonger sa racine pour chercher les substances minérales nécessaires à sa nutrition. Dans la plupart des cas, cependant, la longueur de la racine est inférieure à celle de la tige. Elle peut s'épaissir considérablement et atteindre l'épaisseur du petit doigt (*P. papilionacea* Boiss.). Chez les espèces annuelles elle reste grêle et peu ramifiée (*P. setacea, leptostachys, monspeliaca, glochidiata*. Lorsqu'elle est persistante elle ne s'allonge pas au delà d'un certain maximum déterminé par la longueur de la tige et la quantité de surface transpiratoire. Elle forme rarement du liège secondaire à sa surface, ce qui fait qu'elle apparaît dans la plupart des cas d'une couleur jaune blanchâtre.

L'étude des ramifications de ces racines ne présente aucun intérêt général. Il y a toujours chez les racines bien développées et du type normal, prédominance de la racine terminale; les ramifications ont un géotropisme affaibli, tandis que la racine terminale est nettement, positivement géotropique.

La structure histologique est peu variable chez celles qui se rattachent à ce type.

La majeure partie du bois est formée par des fibres à parois fortement épaissies, à ponctuations aréolées ou réticulées, jamais parfaitement lisses. Les vaisseaux épars sont ponctués, aréolés. Les ponctuations sont généralement elliptiques et ont leur axe principal dirigé transversalement par rapport à la direction du vaisseau. Elles peuvent n'avoir qu'un contour (*P. vulgaris*) ou deux contours, dont l'intérieur a la forme d'une fente en boutonnière, fente qui est dirigée comme la ponctuation (*P. timoutoides*, Chod.) (*P. violacea, P. Vauthieri*, Chod.).

Les vaisseaux spiralés ne s'observent que dans le premier âge.

Chez *P. timoutoides* (v. fig. 1, tab. II), tout le bois est formé par des vaisseaux aréolés et par des fibres ponctuées. Chez cette espèce, l'écorce

est constituée par un liber très mince auquel est superposé un parenchyme cortical à cellules tabulaires ou légèrement hexagonales, allongées tangentiellement et à parois très minces, ne laissant entre elles aucune solution de continuité. Il n'y a pas de liège secondaire. Chez toutes les racines de ce type, le parenchyme ligneux (ici improprement nommé rayons médullaires) est excessivement réduit, à cellules très courtes et le plus souvent en une seule série radiale. Le rapport de la section transversale des vaisseaux à celle des fibres est très variable. En général, les premiers ne sont jamais très grands, le plus souvent à diamètre 2-4 fois plus grand que celui des fibres.

L'épaississement des fibres est très considérable chez *P. vulgaris.* Sur la coupe transversale, le lumen de la cellule n'apparaît plus que comme un point ou une fente. Chez *P. timouloides* l'épaississement est médiocre. Dans toutes les racines appartenant à ce type, l'amidon paraît manquer totalement, si j'en puis croire les très nombreuses analyses faites avec l'eau iodée. Par contre, on y trouve des sucres réducteurs et toujours de l'huile jaunâtre et de la saponine[1].

Plus de 290 Polygala se rattachent par leurs racines au type précédent. Le reste appartient à plusieurs types que j'énumérerai succinctement.

CAS DU *P. senega* L.

Type intéressant étudié par Walpers et autres.

Cette racine ressemble beaucoup pour la forme extérieure à celles du groupe précédent. Elle atteint au-dessous du collet 1 cm. d'épaisseur et s'allonge en restant plus ou moins simple et en s'amincissant. Quelquefois elle se divise en quelques branches qui sont dirigées vers le bas. Elle est à l'extérieur d'un brun jaunâtre ou d'un gris jaunâtre, souvent tordue et présente sur la face intérieure de torsion une carène corticale. Elle est le plus souvent légèrement annelée. La racine fraîche ne présente pas ces particularités, mais est plus ou moins lisse. Des coupes

[1] V. note de la page 7, en outre Otto Linde in Just. J. B. 1886.

transversales faites à différentes hauteurs montrent souvent une différence notable dans la répartition des éléments libéroligneux. La disposition du bois et de l'écorce est rarement régulière. L'écorce est assez épaisse, annuliforme à la base de la racine et aux endroits où le bois est parfaitement cylindrique. Le bois est traversé par de minces rayons de parenchyme à plusieurs assises radiales, ce qui le distingue du type précédent. Il s'ensuit que le bois est un peu fissuré au pourtour. Mais ce qu'il y a de plus remarquable c'est que le bois, au lieu de former un cylindre, peut présenter une large fissure triangulaire. Cette fissure est remplie par du parenchyme sans liber. Il peut aussi se diviser en deux, de façon à n'apparaître sur la coupe transversale que comme un demi-cercle. Dans ce dernier cas, le liber prend un accroissement très considérable autour de la périphérie du demi-cercle et produit, avec l'écorce proprement dite, une arête proéminente. Du côté où le bois ne s'est pas formé, le liber manque complètement. Il n'est donc pas juste de dire, comme De Bary, que le plus grand accroissement du bois a lieu d'un côté, celui du liber du côté opposé. Les deux, au contraire, ont leur maximum de développement du même côté. Il se peut aussi que dans le cylindre ligneux central il se fasse deux larges fissures, de manière à le découper en forme d'éventail à manche. Le plus grand développement du liber se fera sur le pourtour de l'éventail et nullement du côté opposé [1].

La structure histologique du bois est celle du type précédent. La zone libérienne est formée par du parenchyme isodiamétrique à parois minces, sans méats, et du parenchyme allongé à parois minces, entremêlées de petits groupes de tubes criblés.

L'écorce est peu développée du côté du maximum d'accroissement du système libéroligneux, tandis que de l'autre elle prend un grand développement.

La périphérie de l'écorce est formée par quelques couches de cellules aplaties, subérifiées et s'exfoliant facilement.

[1] *Bot. Zeit.*, 1851, p. 297. Wigand, l. c., etc.

Comme dans le type précédent, l'amidon et les cristaux manquent complètement. L'écorce contient des gouttes d'une huile jaunâtre, de même que le parenchyme libérien et ligneux. Fluckiger (l. c.) obtint par extraction avec de l'éther, 8,68 % d'huile brune, soluble dans le pétrole. D'après ses observations, cette huile serait formée en majeure partie par des acides gras à l'état libre. Le reste serait saponifiable et mélangé à des acides monobasiques inférieurs (acétique, valérique).

Outre cette huile on trouve, comme dans la plupart des racines de Polygalacées, une substance qu'on a nommée sénégine et qui paraît identique à la saponine.

On sait que ce dernier corps est un glycoside pouvant être dédoublé en sapogénine et en glycose (?). Il serait intéressant de savoir si le sucre qu'on sépare de la saponine et spécialement de la sénégine est vraiment de la glycose. La racine du *Polygala senega* en contient 2 ½ %.

Ce cas est monotypique.

CAS DU *Polygala obovata* ST-HIL. (2194 BALANSA)

(Fig. 5, 5*a*, tab. I; fig. 6, tab. II.)

Ici la racine au-dessous du collet se renfle en cylindre très allongé et ramifié. L'épaisseur maximum de cette racine est de ½ cm. Elle est sinuée à l'extérieur et d'une couleur grisâtre. Une coupe transversale montre les éléments suivants :

Au centre un faisceau ligneux, à contour irrégulièrement sinué et déchiqueté et à éléments disposés radiairement. Ce faisceau manque complètement de moelle. Tout autour de ce faisceau central sont disposés sans ordre un nombre assez considérable de faisceaux plus petits, de forme bizarre et séparés les uns des autres par du parenchyme à parois minces. Ces faisceaux secondaires sont de grandeur très différente, tantôt formés par un vaisseau et quelques fibres, tantôt 8-10 fois plus considérables et à vaisseaux nombreux. La différence entre les vaisseaux et les fibres est très considérable. Le diamètre des premiers excède

de 3-4 fois celui des seconds qui sont fortement épaissis. Le parenchyme dans lequel les faisceaux sont noyés est formé de petites cellules polyédriques ou tabulaires. Les cellules de l'écorce sont beaucoup plus grandes et plus lâchement reliées. L'extérieur de la racine est formé par quelques couches de cellules aplaties, subérifiées et allongées tangentiellement. Cette racine est complètement dépourvue d'amidon. L'écorce, qui est excessivement huileuse, est aussi épaisse que l'ensemble du système ligneux. Les plages de parenchyme interfasciculaires sont ordinairement grandes.

Cette division du bois en un grand nombre de faisceaux est très caractéristique pour cette espèce, mais constitue une des plus remarquables exceptions dans ce genre si intéressant. Le faisceau central ligneux est probablement le faisceau primaire unique; c'est ce qui explique l'absence complète de rayons de parenchyme. Cette structure est celle des vraies racines tuberculeuses, telles que *Althea officinalis*, *Scorzonera*, *Daucus*, etc.

Les éléments histologiques sont les mêmes que dans les cas précédents.

CAS DES RACINES A ÉCORCE RENFLÉE

Chez quelques Polygala américains, sous-arbrisseaux, l'écorce de la racine prend un développement inusité.

Ainsi, chez *P. Vauthieri* Chodat, espèce du sud de l'Amérique, la racine est traçante, sinuée, brune à l'extérieur et peu ramifiée. Elle est excessivement longue, mais de grosseur égale. Le bois est cylindrique, jaunâtre, formé en majeure partie par des fibres, en mineure partie par de grands vaisseaux. Il est traversé par de nombreux rayons de parenchyme ligneux. L'épaississement des fibres est très visiblement disposé en couches concentriques d'inégale réfringence. L'écorce est d'un brun fauve; elle égale en épaisseur la moitié du diamètre du cylindre ligneux. Cette écorce est formée par du parenchyme à cellules peu épaissies, tabulaires, allongées tangentiellement et recouvertes vers l'extérieur de quelques couches de cellules aplaties, subérifiées. Ce qui fait la différence

caractéristique d'avec les autres types, c'est la présence dans cette écorce d'une grande quantité d'amidon en gros grains arrondis ou polyédriques par pression réciproque.

On trouve de l'amidon non seulement dans le parenchyme cortical, mais aussi dans les rayons de parenchyme ligneux. Il faut remarquer que l'huile manque complètement.

Chez *P. violioides*, la racine traçante s'épaissit çà et là en tubercules traversés par le corps de la racine; ces épaississements sont en forme de boudins. Une coupe à travers cette racine renflée montre au centre le cylindre ligneux non épaissi, absolument semblable à celui de la portion de racine non renflée. Ce cylindre peut être tout à fait rond ou sinué-ondulé. Il est entouré d'une mince zone de méristème secondaire commun à l'écorce et au cylindre ligneux. Cette écorce prend un développement excessif, elle atteint jusqu'à cinq fois le diamètre du cylindre ligneux. Ses éléments deviennent plus petits à mesure qu'on avance vers le centre de la racine. Le pourtour du tûbercule est formé par une couche assez épaisse de liège, constitué par des cellules tabellaires aplaties en plusieurs assises et produites par un phellogène circulaire. Toute l'écorce est remplie de grains d'amidon, arrondis ou polyédriques, souvent fissurés et à stries difficilement visibles (tab. II, fig. 3*a*, 3*b*, 5).

Ces deux derniers cas sont d'un grand intérêt, en ce sens qu'ils montrent combien il faut se garder de généraliser. Car *à priori*, après avoir étudié un grand nombre d'espèces au point de vue de leurs racines, on pourrait, en ayant laissé de côté ces deux exemples, tirer la conclusion que l'amidon ne se forme jamais dans les racines de Polygala. Or on voit que ce fait est loin d'être absolu.

Combiné avec le cas du *P. obovata*, il montre que les épaississements tuberculeux des racines chez les Polygala peuvent se faire de deux manières: la première, où l'écorce seule s'accroît considérablement; la seconde, où toute la racine prend part à cet épaississement. Ce qu'il y a de singulier, c'est qu'à ces différences histologiques et anatomiques correspondent des différences physiologiques.

tiquées dans la tigelle, au-dessus des cotylédons, ne laissent plus voir cet endoderme, qui paraît être ainsi un caractère distinctif de la racine et de l'axe hypocotylé.

Cet axe hypocotylé, ainsi constitué, est allongé chez *P. chamæbuxus*. Il soulève les cotylédons quelques centimètres au-dessus du sol et peut même atteindre 10 cm. de longueur. Chez la plupart des autres espèces, il reste beaucoup plus court et prend une coloration rougeâtre (*P. vulgaris, P. Boïkini, P. setacea*, etc.). Un peu au-dessous de l'insertion des cotylédons, le cylindre libéro-ligneux se brise en quatre morceaux: deux arcs opposés et deux traces foliaires plus petites. Ces traces foliaires se rendent immédiatement dans les cotylédons, tandis que les deux arcs caulinaires se rejoignent pour reformer l'anneau libéro-ligneux.

Il n'y a qu'un seul faisceau dans le pétiole des cotylédons. Cet anneau libéro-ligneux de la tigelle se maintient complet jusqu'au-dessous de la première feuille. Ici il se brise en émettant une trace foliaire, bientôt suivie par une seconde qui lui est opposée, comme précédemment pour les cotylédons, car les deux premières feuilles sont quasi-opposées. Ces deux traces foliaires persistent sur un faible parcours dans la tigelle; pendant ce temps les deux grands arcs qui se sont formés aux dépens de l'anneau libéro-ligneux, se brisent à leur tour en un nombre plus ou moins grand de petits faisceaux. C'est tout d'abord l'un qui subit ce morcellement pendant que l'autre reste entier, mais ce dernier le suit bientôt. Les deux traces foliaires passent dans le pétiole des feuilles, tandis que les arcs de faisceaux continuent dans la tigelle (v. fig. 8, tab. II).

La tige proprement dite ne possède jamais d'endoderme; elle se distingue par là de l'axe hypocotylé qui en est pourvu. L'anneau libéroligneux est toujours complet; il n'y a jamais des faisceaux (traces caulinaires et traces foliaires) séparés dans la tige adulte. L'axe hypocotylé chez *P. Chamæbuxus* ne possède pas de poils, tandis qu'ils sont plus ou moins nombreux sur la tige. Ces poils sont ordinairement unicellulaires. Ils procèdent par prolifération d'une cellule épidermique qui s'allonge et se recourbe en crochet. La surface du poil est grossièrement chagrinée et

recouverte d'une cuticule mince. Les cellules annexes du poil (cellules épidermiques) ne diffèrent en rien des autres cellules épidermiques; elles ne sont ni exhaussées ni surbaissées. Ces poils sont quelquefois très droits, mais le plus souvent ils sont arqués ou recourbés en crochet. Cette forme, avec ses granulations de la surface, se retrouve dans toute la famille. Jamais on n'y rencontre des poils ramifiés. Tous ceux qui se développent sur l'épiderme des feuilles, tiges, pédoncules floraux, sont semblables à ceux que je viens de décrire. Ils ne varient que quant à la longueur et à la courbure. Parmi les plus recourbés il faut citer ceux de *Bredemeyera floribunda*, de *P. macradenia* DC. L'épaississement de leur membrane n'est jamais très considérable, il atteint rarement l'épaisseur du lumen de la cellule.

La fréquence de ces trichomes paraît dépendre de la plus ou moins grande sécheresse du climat et de la plus ou moins grande chaleur. En effet, la plupart des espèces mexicaines sont très poilues ou recouvertes d'un indument épais. Il est cependant difficile, aujourd'hui encore, de déterminer avec précision les causes influentes, car des pays plus humides, tels que le Paraguay, ont des espèces fortement tomenteuses: *P. extra-axillaris*, Chod., *P. fallax,* Chodat. *P. erioptera*, plante du désert du Sahara, du Soudan et de l'Arabie est aussi fortement poilue.

Outre ces poils chagrinés, on en connaît d'autres, mais qui ne se développent que sur les organes floraux et les semences. Ceux-ci sont aussi unicellulaires, mais bien différents de ceux qu'on trouve sur les parties végétatives.

Le développement de la tige a lieu suivant bien des modes différents. Il est intéressant de poursuivre cette évolution chez différentes espèces caractéristiques.

P. leptostachys, Schutlw.

La tige et la racine jeunes se développent de la même manière que celle de *P. Chamæbuxus*, mais l'axe hypocotylé reste très court, $^1/_2$-1 cm. Les deux cotylédons sont immédiatement suivis par deux feuilles opposées et décussées avec les cotylédons, formant un pseudo-verticille avec

ces derniers. Ceci fait, la tige s'allonge en restant très mince et atteint 1-3 dm. de longueur. Elle est terminée par une grappe spiciforme et reste souvent indivise. Quelquefois elle donne naissance à des rameaux axillaires simples, ordinairement opposés. Cette espèce est annuelle.

Dans ce premier cas, la tige primaire devient réellement la tige florifère.

A ce mode de développement se rattachent: *P. Monspeliaca*, *P. exilis*, *P. subtilis*, *P. Curtisii*, *P. oligophylla*, *P. paludosa*, S. Hil, etc. En un mot, la plupart des espèces annuelles.

Un mode quelque peu différent est celui qui nous est donné par *P. setacea*, Michx.

Ici, la tige primaire donne bien la tige florifère, mais le printemps suivant de nouvelles tiges (le plus souvent une seule), naissent sur le collet de l'ancienne tige et deviennent florifères.

Ici la première tige primaire donne la première tige florifère.

A ce type se rattachent un nombre assez considérable de Polygala, parmi lesquels je cite: *P. tenuis* DC., non Bennet, *P. ambigua*, Nutt, var. Curtiss, 503, *P. Ruiziana*, Chod., etc.

Une troisième variation dans le développement de la tige a été décrite par M. Ch. Grenier dans un mémoire posthume sur la végétation des Polygala dans le Jura. Wydler[1] avait déjà démontré que la tigelle de *Polygala vulgaris*, à la germination, s'allonge peu, mais que sa croissance est déterminée; elle est dépassée rapidement par les bourgeons axillaires, latéraux qui se développent sur elle. Dès ce moment la formation des tiges est soumise à des variations considérables, mais qui sont plus ou moins constantes pour chaque espèce.

1. *Variation*. *P. vulgaris*, Lin., *P. major*, Jacq., *P. flavescens* DC., etc.

Ici les bourgeons les plus inférieurs, placés au-dessus des cotylédons, se développent en été, en rameaux simples et feuillés qui s'allongent jusqu'à ce que l'hiver arrête leur croissance, puis au printemps ils reprennent leur évolution et se terminent en grappe ordinairement

[1] Wydler Flora. 1859, p. 313.

simple. Les rameaux floraux sont donc formés de deux éléments, l'un, estival, a végété avant l'hiver, l'autre, vernal et florifère, n'a pris naissance qu'au printemps. Après la fructification, ces tiges se dessèchent jusqu'à leur union avec le collet de la racine, d'où sortent de nouveaux bourgeons qui s'allongent en rameaux et qui se comportent comme les précédents. La souche (collet) devient ligneuse avec les années, elle s'élargit et se couronne d'une sorte de plateau d'où sortent les tiges. Quelquefois, cependant, les anciennes tiges ne périssent pas complétement et leur base survit sur 1-2 cm. de longueur. Dans ce cas, la portion survivante produit des bourgeons qui se comportent comme ceux du plateau, de sorte que l'ensemble des rameaux qui en résulte simule des tiges ramifiées par la base. Ce cas est beaucoup plus marqué chez ***P. Huterana***, Chod., où les anciennes tiges persistent sur une longueur beaucoup plus considérable. Il en est de même pour ***P. obtusissima***, Hochstt. Ces plantes sont sous-frutescentes à la base.

Chez quelques espèces, comme ***P. alpestris***, Rchb. (***microcarpa***, Kern.), ***P. Forojulensis***, Kern. ***P. vulgaris***, var. ***nudicaulis nob.***, le collet de la racine ne s'épaissit pas beaucoup. Ce sont les premiers rameaux, plus ou moins rampants et dénudés, qui donnent naissance, dans l'axe d'anciennes feuilles écailleuses, à de nouveaux rameaux dressés, qui répéteront à leur tour ce mode de ramification. Ceci a pour conséquence que les tiges souterraines restent constamment filiformes et ne s'épaisissent pas. Jamais, cependant, les rameaux ne donnent naissance à des racines adventives. La formation de ces dernières chez les Polygalacées n'a jamais lieu. Les racines sont toujours, soit la racine primaire soit ses ramifications, soit des racines secondaires sortant du collet de la racine, tout autour de la racine primaire (racines fibreuses). Chez ***P. vulgaris***, il est rare que les rameaux ainsi formés se ramifient au-dessus du sol. J'ai observé cependant cette ramification dans l'arrière-automne sur des Polygala dont le rameau principal avait été coupé par la faux. Les bourgeons axillaires s'étaient développés et étaient devenus florifères.

Une autre variété d'évolution est celle de *P. calcarea,* Schulz. La tige principale porte à son sommet une rosette de feuilles grandes et très rapprochées. Cette rosette reste stationnaire pendant l'hiver, puis au printemps les bourgeons axillaires situés aux aisselles des feuilles s'allongent, les uns en inflorescence, au nombre de 1-7 (le central est du nombre), les autres en rameaux foliifères dont les feuilles sont disposées selon la divergence $^{5}/_{13}$; au sommet de ces derniers rameaux les feuilles se condensent en rosette secondaire qui fournira l'année suivante des axes folifères et d'autres floriifères. Ces rameaux foliifères s'allongent généralement beaucoup et leurs feuilles restent fort petites, sauf celles des rosettes terminales. Ils sont couchés et jouent le rôle de rhizomes chez *P. alpina,* Perr. et Song.; le nombre des rameaux florifères qui naissent aux dépens de la rosette est indéfini. Au contraire, cette dernière ne donne naissance qu'à un seul rameau foliifère *dressé*[1] et qui est terminal.

P. amara, Jacq., a un mode de végétation qui ressemble beaucoup à celui de *P. calcarea,* Schulz. Il diffère de celui de *P. alpina,* Perr. et Song., en ce que, chez cette dernière espèce, la tige principale, terminée par une rosette, s'allonge le printemps suivant en une tige stérile portant une petite rosette de feuilles, tandis que chez *P. amara,* Jacq., la tige terminale est florifère (v. l. c., p. 51, *Revision et Crit.*, Chod.).

Chez *P. depressa,* Wend., c'est aussi le collet de la racine qui est le point d'origine des tiges estivales, remarquables par leur ténuité, leur allongement et surtout par leurs feuilles opposées, jamais rapprochées en rosettes. Au printemps, presque tous les bourgeons supérieurs des tiges se développent en rameaux florifères, mais le développement de ces inflorescences n'est pas simultané. La grappe terminale de chaque rameau se montre la première et reste constamment ou ordinairement plus courte que les grappes qui naissent autour d'elle et qui la dépassent longuement. Celles-ci sont dépassées à leur tour par de nombreux rameaux secondaires qui se succèdent pendant 2-3 mois. A l'approche de l'hiver,

[1] Chodat, *Revision et critique d. P. suisses.*

les tiges qui ont fourni cette riche végétation périssent tout entières, sauf leur base, qui donnera naissance, près du collet, à de nouvelles tiges l'année suivante.

Ces différences dans la végétation qui s'observent chez les Polygala se retrouvent chez les autres genres. Les Monnina répondent parfois au premier type, mais sont le plus souvent vivaces et ligneuses. Les *Comesperma* de la Nouvelle-Hollande se comportent aussi fréquemment comme des Polygala. Les *Bredemeyera* du Brésil sont presque toutes suffrutescentes, quelquefois volubiles ou grimpantes (*B. floribunda*). Les *Securdaca* sont aussi ligneuses ou volubiles. Les *Xanthophyllum* sont arborescents. Le plus souvent, les ramifications sont alternes. Ceci dépend de l'alternance ou de l'opposition des feuilles. Quelquefois les rameaux sont opposés (Polygala verticillés). On connaît aussi des plantes épineuses dans ce groupe. Chez *Mundtia spinosa*, les rameaux florifères, qui sont courts, verts ou ligneux, arrêtent bientôt leur allongement; ils atteignent 1-3 cm. et leur sommet est transformé en épine. Les feuilles, par leur base et les pédoncules florifères, se soudent à la tige sur laquelle ils sont décurrents et tellement rapprochés que toute la partie externe du rameau en est couverte. Chez *P. spinosa* du Sinaï, c'est l'axe même de la grappe qui devient épineux après la déhiscence des fruits. Chez *P. Balansae*, Cosson, tous les rameaux deviennent spinescents; ils n'en continuent pas moins à donner naissance à de petites grappes corymbiformes éparses. Il en est de même chez *Acanthocladus Brasiliensis* — maintenant *P. Klotschii*, Chodat — et *P. Benetti*, Chodat. A l'exception de ces deux dernières espèces, les Polygalacées spinescentes sont subaphylles. Leur écorce verte joue le rôle d'organe d'assimilation.

Cette diminution de la feuille a pour but de diminuer la surface d'évaporation. Mais par contre cette dernière étant moins intense, le courant aqueux qui prend au sol, par les racines, les substances minérales nécessaires à l'assimilation devient moins considérable, car on sait que ce courant est réglé par les feuilles, c'est-à-dire la surface transpiratoire. Non seulement les substances minérales qui jouent un rôle passif dans l'assi-

milation, mais l'azote, sous forme de nitrate, arrive en moindre quantité dans les jeunes parties. Or l'azote étant un élément constitutif de la substance végétale, il s'ensuit que la nutrition dans ces conditions est défectueuse et amoindrie. Les rameaux, au lieu de se développer, arrêtent leur croissance, leur allongement et se transforment en épines. On sait que des plantes épineuses perdent leurs épines par une culture qui leur fournit une nourriture plus abondante.

Dans le cas de *P. Balansae*, Coss., *P. spinosa*, etc., la présence des épines est due en premier lieu à la sécheresse du climat, qui nécessite la suppression des feuilles; dans le cas de *P. Klotschii* et *P. Benetti*, qui sont fortement feuillées, il faut l'attribuer au sol rocailleux, aride sur lequel ces plantes croissent et qui est incapable de les nourrir d'une manière intense. Cette structure est naturellement plus ou moins fixée par l'hérédité.

ANATOMIE DE LA TIGE

La structure histologique des tiges chez les Polygalacées est assez uniforme. Il y a cependant une foule de différences de détail et j'essayerai, tout en esquissant les faits généraux, de citer les exceptions ou les modifications du type.

L'ancienne méthode, qui consistait à n'examiner que quelques espèces que l'on supposait gratuitement être typiques, s'est montrée tout à fait insuffisante. Les travaux de Radlkofer, Solreder, etc., ont démontré l'importance de cette étude au point de vue général pour les familles et à celui plus spécial pour la distinction entre les espèces.

On verra dans mes conclusions que ces recherches, qui m'ont coûté beaucoup de temps et de travail, et qui, somme toute, au point de vue purement histologique, n'ont pas amené à des résultats bien nouveaux, n'en sont pas moins intéressantes à des points de vue plus généraux et sont appliquables à la systématique.

Je commencerai cette étude par la description de la tige de *P. vulgaris*.

Une coupe pratiquée dans la tige, à une hauteur quelconque, montre toujours les mêmes éléments (v. fig. 1, tab. III). L'épiderme est formé par une seule couche de cellules intimement unies entre elles et légèrement aplaties tangentiellement. Quelques-unes de ces cellules sont allongées en poils. Leur paroi extérieure est recouverte par une cuticule assez épaisse, égalant souvent l'autre partie de la paroi non cutinisée. Pour s'assurer que, en effet, cette partie extérieure est réellement transformée ou incrustée de cutine, on emploiera tout d'abord le rouge Congo, qui ne la colorera pas, puis la chrysoïdine, qui la colorera en jaune d'or. Ces deux caractères suffisent pour déterminer exactement les parties de la paroi qui sont ou ne sont plus de la cellulose pure. Ces cellules épidermiques ne sont épaissies que par leur paroi externe, l'interne ne l'est pas. La cutine pénètre dans les anticlines qu'elle incruste jusqu'au milieu. Les poils sont de même recouverts par une cuticule distincte; ils ont une forme de crochet plus ou moins arqué. Ces poils ont souvent une longueur dépassant 6-10 fois la hauteur des cellules épidermiques. On ne remarque aucune granulation ni aucune coloration dans ces trichomes. Les tubercules dont ils sont parsemés sont quelquefois assez serrés et assez proéminents pour leur donner un aspect denticulé. Souvent tout le sommet du poil est épaissi et le lumen n'y existe plus; ce dernier est très réduit sur toute la longueur du poil.

Il n'y a jamais de granulations vertes dans les cellules épidermiques, si ce n'est dans les stomates.

Ces derniers sont assez nombreux et proéminent passablement sur l'épiderme ou sont à la même hauteur que les autres cellules épidermiques. Les cellules stomatiques sont deux fois plus petites que les cellules adjacentes; elles présentent à leur partie extérieure une arête qui ne laisse qu'un passage étroit; un peu au-dessous de ces deux arêtes, les cellules stomatiques se rétrécissent pour former la première chambre stomatique, puis redeviennent ventrues. Les deux cellules adjacentes plongent plus avant vers l'intérieur et semblent porter les cellules stomatiques comme des appendices. La cutine pénètre sur la fente stoma-

tique jusque dans la première chambre stomatique. Le lumen de ces cellules stomatiques est ovale sur sa section transversale, ayant son sommet dirigé vers la fente, la base vers les cellules annexes. Il y a en outre un épaississement inférieur, en quelque sorte semblable au supérieur.

Au-dessous des stomates et de l'épiderme, se trouvent plusieurs couches de cellules arrondies, isodiamétriques et munies de chlorophylle. Elles sont lâchement réunies entre elles et laissent des méats intercellulaires considérables[1]. Leur paroi mince est formée de cellulose pure (réactif de Schweizer; Congo). Il n'y a donc pas ici de tissu pallissadique. Cette couche chlorophyllée peut atteindre diverses épaisseurs. Quelquefois elle n'a que deux assises de profondeur; le plus souvent un nombre plus considérable. Les granulations vertes sont en général périphériques et comme elles sont elliptiques, elles se disposent contre la paroi cellulaire suivant leur grand axe. On y remarque aussi des globules huileux, mais jamais d'amidon. Cette zone chlorophyllée, disposée immédiatement au-dessous de l'épiderme muni de stomates, est évidemment un tissu assimilateur, au même titre que le parenchyme chlorophyllé foliaire. Elle recouvre un parenchyme incolore, à cellules de même forme que celles du parenchyme assimilateur, mais plus grandes, plus lâchement réunies. Ce parenchyme contient des globules huileux, des leucites incolores. Son épaisseur est souvent double de celle du parenchyme chlorophyllé. Au-dessous se trouve la zone libérienne, formée par des cellules beaucoup plus petites, intimement réunies. On y remarque des cellules plus grandes, à contour ondulé, irrégulier : ce sont des cellules de parenchyme libérien ; d'autres cellules plus petites, en petits groupes: ce sont des vaisseaux criblés. L'épaisseur de cette zone libérienne varie beaucoup. On n'y trouve ordinairement pas de fibres libériennes, J'en ai retrouvé cependant ici et là dans des tiges de *P. vulgaris*, var. *comosa*. Lorsque j'ai pu constater leur existence, elles étaient toujours éparses et jamais développées en anneau complet

[1] Elles peuvent aussi être collenchymateuses, v. fig. 1, tab. III.

autour du liber. Ces fibres libériennes sont relativement peu épaissies. On les distingue immédiatement à cause de la forte réfringence des parois. Plusieurs formes et sous-variétés de *P. vulgaris*, var. *comosa* en ont de mieux développées. Ainsi, chez *P. vulgaris*, ssp. *comosa*, var. *Lejeunii*, elles sont nombreuses à la base de la tige; chez *P. vul.*, var. *oxyptera*, v. *Michaleti*, ces fibres sont éparses, peu nombreuses; chez *P. vulg.*, var. *ciliata*, elles sont aplaties tangentiellement et accompagnées d'autres moins épaissies, plus grandes.

Au-dessous de la zone libérienne, on remarque du tissu embryonnaire en anneau; c'est le *cambium*. Ses cellules sont allongées tangentiellement, leurs parois sont minces et leur contenu hyalin.

Le bois forme un anneau ligneux d'épaisseur variable, suivant la hauteur à laquelle on a pratiqué les sections.

Il est mince dans la tige florifère, plus épais à la base; dans le premier cas la moelle excède de beaucoup le bois, dans le second c'est le contraire.

Les éléments cellulaires qui le composent sont disposés en séries radiales très nombreuses, de fibres et de vaisseaux. Ceux-ci sont interrompus par des rayons de parenchyme très étroits, à une seule rangée de cellules aplaties radiairement, de telle sorte qu'au premier abord, une coupe transversale du bois semble manquer de rayons de parenchyme. On remarque ici et là de grands vaisseaux. Les premières cellules de la moelle sont petites, celles du centre beaucoup plus grandes et lâchement réunies. Leur paroi est mince, sans sculpture. Ces cellules de la moelle finissent par se dissocier et leur destruction amène à la formation d'une tige fistuleuse. Il ne suffit pas d'examiner des coupes transversales. Les sections longitudinales sont excessivement intéressantes et expliquent la coupe transversale.

Dans une coupe semblable faite à travers la tige florifère de *P. Boissieri*, ou *P. vulg. comosa*, on voit que les cellules de l'épiderme ne sont pas très allongées, tandis que celles du parenchyme assimilateur ont un diamètre longitudinal plus considérable que le trans-

versal; il en est de même pour celles du parenchyme incolore intérieur, qui sont encore plus longues. Le liber commence par deux séries de cellules à parois un peu épaissies et qui se distinguent nettement des précédentes par leur allongement moindre, et des suivantes par leurs parois épaissies. A ces cellules succèdent du parenchyme libérien, des cellules allongées et à parois ondulées, des tubes criblés et du tissu cambial et parmi les précédentes quelques fibres libériennes allongées.

Les tubes criblés sont difficiles à voir nettement. Ils sont près de deux fois plus étroits que les fibres libériennes. Leurs parois sont très minces et molles; elles se moulent exactement sur les cellules environnantes. On les voit remplies d'un mucilage qui se colore facilement par les réactifs. De place en place, on observe les plaques criblées. Celles-ci sont minces et finement perforées. Le tube est toujours renflé à cet endroit, et le mucilage y est accumulé. Ces tubes criblés sont uniquement disposés vers l'intérieur du liber; je n'en ai pas trouvé vers l'extérieur. Le parenchyme libérien est caractérisé par ses cellules allongées, superposées, à parois transversales fortement ondulées.

Le bois est composé, de l'extérieur vers l'intérieur, de fibres simplement ponctuées, de fibres à ponctuations aréolées, de vaisseaux à ponctuations aréolées, de vaisseaux spiralés, de fibres à ponctuations allongées étroites. Fibres et vaisseaux sont légèrement lignifiés. Ceci se déduit de l'emploi successif des réactifs : 1° Phloroglucine et HCl (lignine). 2° Réactif de Schweizer. 3° Congo et Congo chrysoïdine (réactif genevois). Dans tous les cas d'épaississement de la paroi, la lamelle moyenne reste encore plus ou moins à l'état de cellulose pure, car si on traite une coupe longitudinale et qu'on la mette dans le réactif genevois, on voit que, au bout de quelques minutes, le bois est fortement coloré en jaune, les épaississements sont lignifiés, tandis que la couche primitive mince, c'est-à-dire celle qui correspond aux ponctuations, est nettement teintée en rose. Les vaisseaux spiralés sont aussi colorés en jaune. Les fibres libériennes, au contraire, comme tout le liber, se colorent en beau rose.

Il faut admettre qu'elles sont un organe de soutien. Cette opinion est

corroborée par le fait que les parties souterraines de plantes telles que *P. calcarea*, *P. alpestris*, *P. amara*, c'est-à-dire les tiges rampantes stolonoïdes, n'ont presque pas de ces éléments, tandis que les tiges florifères les ont plus développés. C'est surtout chez *P. amara*, Jacq., et chez *P. microcarpa*, Kern., que cette différence est apparente. Une autre différence, c'est que dans les tiges stolonoïdes le bois est très épais, la moelle très réduite, tandis que dans les tiges florifères l'anneau ligneux est très mince, la moelle considérable (fig. 8-9, tab. III). En outre, le parenchyme cortical des tiges stolonoïdes est formée par des cellules non disjointes formant une espèce de collenchyme et l'épiderme est beaucoup moins épaissi vers l'extérieur que celui des tiges dressées, florifères; la cuticule ne forme plus qu'un mince enduit qui n'est considérable qu'au-dessus des anticlines, où il y a une petite dépression (v. fig. 7, tab. III). Cette différence d'épaisseur de la paroi externe de l'épiderme dans les deux cas s'explique facilement. A ras du sol ou dans le sol, les tiges couchées sont moins sujettes à perdre de l'eau, tandis que les tiges dressées, outre qu'elles nécessitent une grande quantité d'eau pour pouvoir la donner aux feuilles abandonneraient plus facilement de l'eau à l'atmosphère si elles n'étaient protégées par un épiderme épaissi, recouvert d'une cuticule épaisse.

J'ai dit plus haut que le bois était composé d'éléments ponctués et spiralés.

Nous examinerons maintenant ces éléments séparément.

1° *Fibres ligneuses ponctuées.* Leur ponctuation est simple, c'est-à-dire que, examinées de face, leurs parois paraissent parsemées de petits trous circulaires. Si l'on examine une de ces parois coupées longitudinalement et radiairement, on voit qu'elle s'est épaissie en laissant des lacunes régulièrement disposées, ce qui lui donne l'aspect d'un chapelet. Traitée par le réactif genevois, on remarque que la portion de paroi qui correspond aux parties laissées minces est encore de la cellulose pure, tandis que celle qui correspond à l'épaississement s'est lignifiée. L'épaississement se faisant sur toute la paroi, sauf en ces endroits circulaires, la paroi a toute l'apparence d'un crible. Mais on le voit, le trou n'est

qu'apparent. Ces fibres ligneuses ponctuées sont moins communes que les suivantes.

Fibres ligneuses ponctuées aréolées. Chez celles-ci, la ponctuation, vue de face, présente une ligne externe circulaire peu apparente, ce qui fait qu'elle n'est visible que par la différence de réfrangibilité optique de la couche externe et de la couche interne. La ponctuation est le plus souvent elliptique ou presque circulaire. Elle renferme une seconde ponctuation qui peut être de formes différentes.

1° *Ponctuation interne arrondie.* Ce cas, qui s'observe communément chez les Conifères, est très rare chez les Polygalacées. Je n'en connais que quelques rares exemples.

Cette double ponctuation s'explique par les coupes transversales et radiales des parois. On les voit alors porter comme de petits marteaux subtriangulaires à la base, larges vers l'intérieur de la fibre, s'amincissant vers l'extérieur. Les angles sont arrondis et on observe une légère dépression au centre de la marge élargie interne. Ces épaississements se répètent de l'autre côté symétriquement, ce qui fait que deux à deux, ils ont l'apparence d'une navette à enrouler le fil. Entre chacun de ces doubles épaississements la paroi, demeurée mince, est très courte, souvent moins longue que la ligne qui réunit les deux dépressions principales de l'épaississement. On comprend comment il se fait que, vue de face, la ponctuation paraît double. La petite ponctuation circulaire répond à l'isthme laissé entre les deux épaississements successifs, tandis que le grand cercle correspond à la paroi médiane primitive et non épaissie.

2° *Ponctuation interne en forme de boutonnière.* Vue de face, cette ponctuation est ovale ou, mieux dit, elliptique; elle est le plus souvent obliquement dirigée par rapport à l'axe principal de la fibre. Sa délimitation extérieure n'est pas nette. On peut répéter à son sujet ce qui a été dit de la précédente. La différence gît simplement dans le fait que la chambre de la ponctuation communique avec le lumen de la fibre non pas par une ouverture circulaire, mais par une fente. Celle-ci est quel-

quefois, mais rarement, dirigée dans le même sens que la ponctuation tout entière; le plus souvent elle est perpendiculaire à son axe principal et n'atteint pas les bords de l'ellipse décrite par la ponctuation totale.

3° *Ponctuation interne en forme de croix.* Cette intéressante ponctuation est tout aussi commune que la précédente; elle n'en est au fond qu'une variante.

En effet, si l'on examine de face une paroi ponctuée de cette manière, on voit le contour externe arrondi contenir une ponctuation en forme de deux bâtonnets croisés. En faisant jouer la vis micrométrique, on voit tour à tour, tantôt l'un des deux bras, tantôt l'autre, apparaître plus distincts, sans que cependant l'image totale de la croix disparaisse complètement. Ce phénomène semble tout d'abord difficile à expliquer. En effet, si l'on admet que l'ouverture de la chambre formant la ponctuation qui donne accès vers le lumen de la fibre est en forme de croix, on ne voit pas pourquoi l'image totale de la croix n'apparaîtrait pas distinctement. Cette anomalie s'explique aisément si l'on admet, ce qui est en effet, que les deux chambres opposées formant la ponctuation s'ouvrent dans le lumen de leur fibre propre par une fente en boutonnière, mais dirigée, dans l'un des cas, en une certaine direction, dans l'autre cas dans une direction perpendiculaire.

4° *Ponctuation intérieure en forme de V.* Celle-ci n'est qu'une légère variante de la précédente. Dans le cas de la ponctuation croisée, les deux ouvertures aréoles sont disposées également au centre de la ponctuation, mais en sens contraire. Dans celui-ci les fentes sont aussi de sens contraire, mais plus courtes, ce qui fait qu'au lieu de se croiser, elles ne font que former un angle entre elles.

On peut trouver tous les intermédiaires entre les ponctuations croisées et les ponctuations en forme de V.

Dans cette énumération, j'ai décrit toutes les ponctuations comme s'ouvrant dans le lumen de la fibre. Il peut arriver, et cela arrive communément, que les épaississements se rejoignent et entourent l'aréole de toute part. Néanmoins l'impression de la double ponctuation persiste,

parce que la petite n'a été oblitérée que tardivement et que la paroi qui la ferme est encore mince.

Ces différentes ponctuations peuvent s'observer sur une seule et même fibre. Dans tous les cas, la paroi primitive persiste encore longtemps à son état de cellulose pure.

Ce que j'ai décrit pour les fibres, peut parfaitement s'appliquer aux vaisseaux. Ces derniers ne diffèrent en rien des fibres sinon qu'ils sont ouverts et plus grands.

J'ai employé le mot de fibres pour désigner des vaisseaux courts et fermés[1], malgré les aréoles, parce qu'ils ressemblent excessivement aux fibres lisses, sinon par leurs ponctuations, du moins par leur grandeur, leur section transversale et leurs fonctions. Quelquefois les vaisseaux acquièrent une plus grande dimension. Souvent il n'y a sur la paroi des fibres qu'une seule série de ponctuation; ceci s'observe aussi sur les vaisseaux. D'autres fois ces ponctuations sont disposées irrégulièrement ou en deux ou plusieurs séries. Quand elles sont elliptiques, leur grand axe n'est jamais parallèle à celui de la fibre ou du vaisseau, mais toujours incliné soit à gauche, soit à droite. Les cellules formant vaisseau sont prosenchymateuses. C'est par la paroi oblique et courte qui sépare les deux cellules successives que se fait la communication. Toute la paroi n'est pas résorbée; il ne se forme qu'un trou assez gros au centre de la paroi (v. fig. 1, tab. V). Ce mode de communication me paraît général dans cette famille, autant du moins que me le montrent des observations faites sur plus de soixante espèces appartenant aux groupes divers[2].

A l'exception de quelques vaisseaux spiralés, tout le bois, chez ***P. vulgaris*** et ceux de son groupe, est formé de ces deux éléments: fibres ponctuées, vaisseaux ponctués aréolés et parenchyme ligneux.

Poils. La forme la plus générale est celle que j'ai décrite p. **29**; elle s'observe aussi bien chez *P. vulgaris* que chez beaucoup d'espèces exotiques (***P. violacea, P. ilheotica, P. mollis, P. extraaxillaris,*** etc.); quelque-

[1] Trachéides des auteurs.

[2] V. Solreder, l. c.

fois, au lieu d'être recourbés, ils sont droits (*P. arenaria*). Chez *P. senega* les poils sont en massue; ils s'amincissent graduellement vers la base (v. fig. 8, tab. V) et présentent à leur sommet un épaississement en croissant, tandis que les parois latérales sont peu épaissies; la surface du poil est légèrement chagrinée. Cette forme, qui est assez rare, s'observe aussi chez *P. glochidiata* (Glaziou 12430); cependant ici le sommet du poil n'est pas épaissi en croissant.

Il arrive aussi que beaucoup de cellules épidermiques proéminent sous forme de papilles courtes. Ce sont, en effet, des papilles chez *P. Polygama*, car on remarque que la surface de ces proéminences est striée, ondulée radiairement.

De tous, le plus intéressant est *P. laureola*. Ici toutes les cellules de l'épiderme, ou à peu près, poussent un prolongement court.

Elles forment une espèce de système d'arches disposées côte à côte. Ici et là une de ces cellules s'allonge plus encore; elle dépasse les autres papilles et s'épaissit au sommet. Quelquefois elles s'allongent encore plus et deviennent de véritables poils, dont tout le sommet du lumen est oblitéré par l'épaississement de la paroi (v. fig. 12, tab. IV).

J'ai déjà dit plus haut que la surface du poil est cutinisée. Il arrive cependant que seulement la base le soit (*P. grandifolia*) ou que cette partie l'est beaucoup plus que la terminaison (*P. vulgaris*). Enfin on trouve des poils dont toute la partie inférieure, même celle qui est entourée par les cellules annexes et qui confine au parenchyme cortical, est fortement cutinisée. Un des plus beaux exemples de ce cas fréquent, nous est fourni par *P. violacea*.

L'épiderme. Ordinairement épaissie, la membrane extérieure de ses cellules est quelquefois bien mince. Ceci arrive, comme nous l'avons déjà dit p. 33, chez les tiges rampantes et aussi chez quelques tiges dressées, telles que *P. corisioides* du Brésil, où elle est d'une ténuité extrême, chez *P. supina* d'Orient, chez *P. Brasiliensis*, L. (Dunaliana) de l'Uruguay.

Chez *P. corisioides*, cet épiderme aminci s'explique par le fait que les feuilles sont très rapprochées sur la tige et forment pour ainsi dire un

revêtement. En outre la membrane de ces cellules, dans sa totalité, est légèrement subérifiée. Il en est de même chez *P. Brasiliensis,* où les feuilles sont imbriquées.

Chez *P. supina* on trouve, au-dessous de l'épiderme, une ou deux assises de collenchyme peu épaissi ce qui paraît être un revêtement suffisant.

Parmi les épidermes épaissis, plusieurs sont intéressants.

Chez *P. arenaria,* l'épiderme est muni de fines arêtes qui le font paraître dentelé sur la coupe transversale; il en est de même chez *P. micrantha* du Soudan.

Quelquefois (*P. ambigua*, *P. Leptostachys*) on voit, dans le premier cas sur la plupart, dans le second sur quelques cellules épidermiques, un épaississement pyramidal qui forme, avec les consécutifs, des vallécules et des éminences. Ces épaississements ne correspondent pas à des cellules plus proéminentes que les autres. Ce même fait s'observe chez *P. Lecardi*, Chodat.

Dans la plupart des cas, la surface de la cuticule est ridée; elle est parfaitement lisse chez *P. oxycoccos.*

L'épiderme s'épaissit fortement chez quelques espèces ligneuses. Cet épaississement peut alors comprendre et la paroi externe et les parois latérales (v. fig. 2, tab. IV) et s'étendre avec la même intensité sur tout le pourtour de la tige (*P. macroptera*), ou n'être considérable que sur la paroi externe (*P. triquetra*). Cette espèce (v. fig. 5, tab. IV) est des plus intéressantes à cause de ses trois ailes formées uniquement par l'épiderme et l'écorce (liber y compris). On voit, dans la figure, la partie terminale montrer un épiderme excessivement épaissi et occupant la plus grande partie de l'aile, n'entourant que quelques cellules de parenchyme chlorophyllé; la partie inférieure a déjà l'épiderme moins épaissi et contient, outre le parenchyme, des fibres libériennes qui vont rejoindre celles de la tige.

L'épiderme est toujours plus ou moins recouvert par une cuticule. J'ai déjà indiqué quelques détails à ce sujet p. 33.

Elle est souvent très distincte de la couche cellulosique de la paroi épidermique, mais souvent elle passe insensiblement dans cette dernière. Quelquefois cette incrustation de cutine envahit toutes les parois, inférieures et postérieures (*P. lanceola*, *P. ligustroides*).

La grandeur de ces cellules épidermiques varie beaucoup.

Parmi les plus petites, je cite celle de *P. ligustroides;* leur épaississement est ici très considérable et ne laisse plus qu'un faible lumen.

Enfin l'épiderme peut se diviser par des parois tangentielles et former un double épiderme, comme on le remarque chez une espèce de *Securidaca* (v. fig. 6, tab. III) ou être rejeté par un suber qui se forme au-dessous de lui. Je ne connais pas d'exemple de ce phénomène chez les Polygala; il est remarquable chez *Moutabea Guyanensis*. Ici l'épiderme persiste longtemps, mais tardivement; il se forme un phellogène dans l'écorce externe, qui produit des cellulès aplaties de suber dans lesquelles on trouve des matières tanniques.

Il y a aussi formation de lenticelles par un phellogène restreint.

L'ÉCORCE

J'ai déjà indiqué plus haut l'origine et la formation de l'écorce. Il s'agit ici de décrire d'une manière générale ce tissu dans la famille et le genre.

Dans le cas le plus simple, les cellules qui sont au-dessous de l'épiderme forment un parenchyme assimilateur recouvrant un parenchyme cortical plus ou moins épais; au-dessous de ce parenchyme se trouve la zone libérienne avec ses cellules allongées, (v. fig. 1, tab. III) et ses groupes de tubes criblés. C'est la constitution de toutes les écorces jeunes, et rarement celle des écorces plus âgées (*P. vulgaris*).

A ces éléments viennent s'en ajouter d'autres, qui en sont issus. Ce sont les fibres libériennes, les cellules de sclérenchyme et le collen-

chyme (on ne remarque jamais de canaux oléifères dans l'écorce des Polygalacées) et le liège.

L'écorce présente une épaisseur variable chez les différentes espèces. Tantôt très épaisse (*P. oxycoccos*), elle devient excessivement mince (*P. persicariæfolia*) et ne compte que 2-3 assises de cellules.

Quelquefois toutes ces cellules épaississent leur membrane en un collenchyme caractéristique. En effet, j'appelle collenchyme ce tissu faute d'autre nom, car dans les vrais collenchymes ce sont les angles seulement qui sont épaissis, tandis qu'ici l'épaississement est irrégulier. Les cellules qui forment alors cette écorce paraissent comme noyées dans une substance homogène. Ces parois se colorent facilement par le rouge Congo pur (*P. Senega*) (fig. 10, tab. IV). Chez ces plantes, l'écorce interne contient aussi des fibres libériennes, petites et à lumen assez grand (*P. Senega*) (*P. rosea*, Dfs., *P. supina*). On n'observe cependant jamais un véritable collenchyme tel que celui des Malvacées, etc. Le parenchyme cortical est le plus souvent excessivement réduit (*P. Leptostachys*) et limité à une ou deux rangées de cellules chlorophyllées. On trouve alors au-dessous des fibres libériennes, dont la grandeur, la section et l'arrangement varient beaucoup. Quelques espèces n'ont qu'une seule assise de fibres libériennes en anneau quasi complet (*P. adenophylla*, *P. ambigua*, *P. Leptostachys*), le plus souvent le nombre de ces assises varie de 1 à 3. Chez d'autres plantes elles ne forment pas un anneau; elles sont assez régulièrement disposées en petits groupes de forme variable; ainsi chez *P. setacea*, la plupart sont disposées en faisceaux triangulaires ayant leur pointe en dehors, leur base en dedans. Chez certaines espèces de *Securidaca,* les fibres libériennes sont excessivement nombreuses et réunies en une couche profonde égalant et dépassant même celle du bois. On y remarque jusqu'à 8-10 couches de cellules (fig. 7, tab. III).

Comparées au point de vue de leur structure, les fibres libériennes diffèrent peu les unes des autres sinon par le nombre de leurs épaississements et le diamètre de leur lumen.

Presque nul dans celles de *P. setacea*, *P. macroptera* (fig. 2, tab. IV).

le lumen excède de beaucoup la paroi dans celles de *P. supina*. Tantôt elles présentent une section circulaire (*Bredmeyera floribunda*), tantôt une section hexagonale (*P. irregularis*), tantôt triangulaire (*P. setacea*), ou elliptique aplatie dans le sens tangentiel, ou irrégulièrement sinueuse. Que l'épaississement soit complet ou non, on remarque dans l'intérieur de la paroi des lignes fines, concentriques, qui semblent répondre à des feuillets de doublement. Outre ces fines stries, on constate aussi, sur certaines sections de ces fibres (*P. Polygama*), des lignes plus fortes, séparant comme une paroi externe et une paroi interne. L'une et l'autre sont finement striées. Ces doublures semblent correspondre à des périodes de végétation distinctes. La couche la plus externe se serait formée durant la première période, la seconde depuis la première. La constitution moléculaire des différentes parties de cette membrane ne seraient pas les mêmes; au commencement de chaque végétation la substance déposée serait moins dense que vers la fin.

Ces fibres libériennes sont souvent d'une longueur démesurée. Chez *P. Ruegelii* (Am.), elles atteignent plusieurs centimètres de longueur.

Ces fibres sont formées de cellulose à un état moléculaire très dense. Elles absorbent les colorants souvent avec peine, ou se laissent facilement colorer (Congo). Jamais elles ne sont ni subérifiées, ni lignifiées.

L'anneau fibreux libérien, quand il existe, est toujours au-dessus de la zone libérienne propre, c'est-à-dire à son bord externe.

Chez un nombre considérable d'espèces munies de faibles côtes (*P. irregularis*, *Comesperma volubilis*, etc.), on remarque dans l'écorce, outre la série annulaire de fibres libériennes à la périphérie du liber, des groupes d'autres fibres correspondants à ces côtes. Dans quelques cas, ces groupes isolés s'appuyent immédiatement sur l'épiderme (*Comesperma*) (fig. 5, tab. III), d'autres fois ils en sont séparés par une ou deux assises de parenchyme chlorophyllien (*P. irregularis*). Ils se répètent chez cette dernière espèce même devant les vallécules de la tige, mais alors ils sont moins considérables et composés le plus souvent de deux à trois fibres. La présence de ces groupes isolés de fibres libériennes n'est pas nécessai-

rement liée à la présence de côtes caulinaires. Je n'en veux de meilleure preuve que *Comesperma calymega*, où ils manquent totalement devant les côtes caulinaires, tandis que les fibres libériennes forment un anneau complet autour du liber proprement dit.

J'ai dit plus haut que les fibres libériennes chez les Polygalacées étaient ordinairement formées de cellulose pure. Il arrive cependant que celle-ci se condense fortement. Dans ce cas, seule la couche la plus intense se colore facilement par les réactifs de la cellulose, tandis que le reste n'est attaqué que plus tard. Or il semble que ce fait parle fortement en faveur de la théorie de l'accroissement par apposition, car il semble évident que si la couche intérieure seule est à l'état de jeunesse, il faut qu'elle se soit formée en dernier lieu.

Au parenchyme, aux fibres, au liber proprement dit, qui forment la majeure partie de l'écorce, viennent s'ajouter deux éléments qui sont beaucoup moins communs et moins prédominants, je veux parler du sclérenchyme cortical (cellules pierreuses) et des cellules cristallifères.

J'ai trouvé les premières chez *P. ligustroides*. Au-dessous de l'épiderme (v. fig. 8, tab. IV), on trouve 1-3 assises de parenchyme formé de cellules petites et entourant un anneau mince de fibres libériennes quatre fois plus grandes (section transversale) que les cellules épidermiques et à lumen assez grand. Leur paroi n'est pas lignifiée ni subérifiée. Si l'on traite une de ces coupes transversales avec le réactif genevois, on remarque immédiatement dans le parenchyme cortical et même au-dessous des fibres libériennes, des cellules épaissies qui se colorent fortement en jaune brunâtre. Ce sont des cellules pierreuses dont l'épaississement est si avancé qu'il oblitère en partie ou totalement le lumen de la cellule. On remarque des fentes qui partent de l'intérieur vers la périphérie. Je ne connais pas d'autres cas de cellules pierreuses dans l'écorce des Polygala. Elles sont à peu près isodiamétriques ou légèrement allongées, selon l'axe de la tige.

Bien plus communes que ces dernières sont les cellules cristallifères, oxaligènes. Ce sont des cellules de parenchyme cortical qui prennent un

aspect particulier. Chez *P. Adœnsis,* elles sont 2-3 fois plus grandes que les cellules du parenchyme environnant et parfaitement arrondies. L'oxalate de chaux qui s'y trouve s'est cristallisé en mâcles arrondies, semblables à celles qu'on trouve dans la racine de rhubarbe et qui ont une forme étoilée (v. fig. 7, tab. IV).

Cette forme correspond à l'oxalate de chaux avec 6 équivalents d'eau. On sait[1] qu'il se dépose sous cette forme dans les cellules dont le suc est fluide et non gommeux. Chez *P. oxycoccos,* les cristaux étoilés sont encore plus hérissés, plus finement mâclés. On retrouve ces mâcles sphériques dans d'autres parties que l'écorce, dans la moelle, dans la feuille, etc.

Chez *P. Boissieri* l'écorce ne présente pas ces cellules oxaligènes spécialisées; on y voit simplement le parenchyme cortical contenir des cristaux simples d'oxalate de chaux cristallisés dans le système rhomboïdal oblique, c'est-à-dire avec 2 molécules d'eau de cristallisation. Ceci nous indique que dans ces cellules le suc doit y être épaissi par des matières gommeuses non cristallisables. Ces cristaux à 2 molécules d'eau se trouvent aussi communément dans le parenchyme pallissadique des feuilles de *P. Chamœbuxus.*

Le parenchyme cortical, qui est ordinairement à parois lisses, peut être ponctué (*P. oxycoccos*).

J'ai déjà parlé plus haut des tubes criblés et du parenchyme libérien ainsi que du *cambium*; je n'ai rien à ajouter ici.

Le bois. Excessivement variable dans son épaisseur, il est à peu près uniforme dans toute la famille. Il y a prédominance tantôt de fibres et de vaisseaux étroits, tantôt de vaisseaux épais. Les vaisseaux qui avoisinent la moelle sont toujours des vaisseaux spiralés à spirale déroulable. Dans la grande majorité des cas il est formé uniquement par des vaisseaux ponctués à ponctuations aréolées, de fibres semblables et de vaisseaux spiralés vers la moelle.

[1] Van Thieghem, Bot. 525.

J'ai déjà décrit plus haut les variétés les plus communes des éléments du bois.

Chez *P. Ruegelii*, les cellules ligneuses, fibres et vaisseaux ont leurs parois peu épaissies. Il y a beaucoup de vaisseaux spiralés. Chez *P. corisioides*, la plupart des ponctuations des fibres et des vaisseaux sont simples.

P. ligustroides a, outre des vaisseaux ponctués, des fibres ponctuées en croix et des fibres lisses.

Ces fibres ponctuées en croix se retrouvent chez plusieurs espèces, notamment chez *P. laureola*. Ces croix me paraissent être des ponctuations tournantes, c'est-à-dire des amincissements se faisant premièrement dans une certaine direction, puis dans une direction perpendiculaire.

Chez *P. Senega*, le bois contient des cellules oléifères ou résineuses.

Examinés sur une coupe transversale, les éléments ligneux peuvent paraître nettement délimités par la formation d'une couche intermédiaire qui les sépare. Cette couche intermédiaire n'est autre chose que la paroi primitive qui a plus ou moins conservé sa nature cellulosique. C'est le cas le plus commun. Il arrive cependant que cette couche primitive soit peu apparente et que les éléments du bois soient peu délimités (*P. persicariæfolia* du Soudan). Ceci s'observe surtout chez les espèces à anneau ligneux peu épaissi. Les espèces annuelles, ou mêmes les parties annuelles des plantes vivaces peuvent cependant présenter la première modification, c'est-à-dire avoir leurs éléments ligneux différenciés.

Les vaisseaux prédominent chez des espèces telles que *P. Boissieri*, *P. Major*, etc., les fibres chez *P. oxycoccos*, *P. vulgaris*, *Comesperma calymega*.

La distribution des éléments, vaisseaux et fibres ponctuées, varie beaucoup; tantôt ils sont uniformément mélangés (*P. vulgaris*), tantôt les grands vaisseaux seulement périphériques (*Comesperma volubilis*), ou principalement centraux, c'est-à-dire entourant la moelle (*Comesperma calymega*).

Dans tous les cas, le bois forme un anneau complet, au moins dans la tige. Jamais il n'est divisé en faisceaux nettement séparés par des rayons médullaires apparents. Dans les rameaux de la panicule de *Bredemeyera floribunda*, on voit les éléments ligneux (v. fig. 2, tab. III), former des séries radiales de 4-5 cellules, séparées par des rayons médullaires en série unique radiale de 4-5 cellules. Il n'y a donc pas ici réellement d'anneau; ce n'est cependant qu'une exception très rare.

Quoique l'anneau ligneux soit complet et apparemment sans interruption, il contient cependant du parenchyme, souvent disposé en une seule couche radiale très étroite (rayons médullaires). Les cellules qui les forment sont toujours aplaties radiairement et plus petites en diamètre tangentiel que les éléments ligneux (*P. vulgaris*, *Comesperma*).

La moelle. Elle existe primitivement dans toutes les tiges, mais peut être détruite avec l'âge, ou seulement dissociée parce qu'elle n'est pas renouvelée par l'adjonction de nouveaux éléments (tiges fistuleuses). Son importance est inversement proportionnelle à celle du bois (les tiges fistuleuses exceptées). Ordinairement à parois minces, les cellules de la moelle sont intimement réunies entre elles (*P. triquetra*) et alors polygonales ou lâchement réunies (*P. vulgaris*, *Bredemeyera floribunda*). Leurs parois sont le plus souvent lisses et sans épaississements apparents (*P. vulgaris*, *P. setacea*, *P. Leptostachys*, etc.), mais presque aussi souvent légèrement épaissies et ponctuées simplement (*P. triquetra*, *P. sibirica*, *P. angulata*, *Securidaca*). Dans ces différents cas, les parois ne sont que cellulosiques et non lignifiées.

J'ai cependant trouvé souvent les cellules de la moelle épaissies à différents degrés et fortement lignifiées (Phloroglucine et HCl, etc).

Ceci s'observe notamment chez les espèces à tiges ligneuses.

Chez *P. laureola*, ces cellules sont peu différenciées et intimement liées; l'épaississement de leur membrane égale le quart de leur diamètre total; elles présentent, en outre, des ponctuations simples, peu nombreuses et circulaires.

Chez *P. ligustroides*, leur épaississement est déjà plus considérable

et leur adhérence réciproque beaucoup moindre (v. fig. 6, tab. IV). Leur bord intérieur présente des fissures profondes.

Celles de *P. grandifolia* sont semblables mais moins séparées et leur surface est ponctuée par de petits traits qui correspondent aux légères fissures de la membrane.

Chez ces trois plantes, la lignification de la paroi cellulaire des cellules de la moelle est complète.

Cette sclérification peut encore être plus prononcée. En effet, chez cet intéressant *Polygala macroptera*, on trouve, outre des cellules de la moelle légèrement épaissies, de véritables cellules pierreuses. L'épaississement va jusqu'à dépasser le diamètre du lumen, voire même jusqu'à l'oblitérer. Cette paroi est alors formée par des couches minces concentriques, interrompues par de minces canalicules qui se bifurquent ou se ramifient vers la périphérie (v. fig. 1, tab. IV).

Ces cellules s'observent en outre chez *Securidaca;* (v. fig. 7, tab. III).

Ce sont les épaississements les plus complets que j'aie observés dans cette très intéressante famille.

Outre ces cellules pierreuses, on trouve dans la moelle, mais plus rarement, des cellules oxaligènes contenant des mâcles sphériques d'oxalate de chaux (*P. macroptera*).

Je n'ai jamais observé d'amidon ni dans la moelle, ni dans aucun autre tissu de la tige des Polygalacées.

En règle générale, les cellules de la moelle augmentent de grandeur vers le centre de la tige, si bien que souvent les cellules centrales ont un diamètre 3-4 fois plus grand que celles de la périphérie.

Anomalies. J'ai déjà dit plus haut que le bois chez les Polygalacées était ordinairement disposé en un anneau ligneux complet et régulier. Il y a cependant des anomalies et les exceptions sont excessivement intéressantes.

Comesperma Ericina. Cette espèce australienne est caractéristique par les singuliers épaississements de la paroi externe de l'épiderme, qui proéminent sous forme de poils et atteignent souvent deux fois la hauteur de

la cellule épidermique qui leur a donné naissance. Ce ne sont cependant pas de véritables poils, puisque le lumen de la cellule épidermique n'y pénètre pas.

Outre cette particularité, le bois en présente une autre: c'est d'avoir ici et là dans son bois des coins profonds de parenchyme qui interrompent brusquement l'anneau. Vis-à-vis de ce coin parenchymateux se trouve un faisceau externe (trace foliaire).

Chez *Moutabea Guyanensis*, la structure est plus compliquée. Cette plante est une Polygalacée anormale un peu pour tout; elle est cependant une Polygalacée non douteuse (v. fig.). La tige est grimpante, assez irrégulière, finement et légèrement poilue.

Une coupe (v. fig. 4, tab. V) à travers un rameau florifère montre une structure des plus anormales.

Au centre, où le plus souvent (excentrique) se trouve une moelle à cellules légèrement épaissies et assez disjointes pour laisser passer de petits méats triangulaires. Leur membrane est ponctuée. Quelques-unes de ces cellules contiennent généralement un, rarement plusieurs gros cristaux d'oxalate de chaux rhomboédrique.

Les cellules de cette moelle sont plus grandes au centre qu'à la périphérie. Elle est entourée par un anneau ligneux, formé d'éléments très petits, tantôt complètement fibreux, sans vaisseaux, tantôt, d'un autre côté, riche en vaisseaux. Ces fibres et ces vaisseaux sont disposés en séries radiales de 1-6 rangées de cellules fibreuses et hautes de plus de 50 cellules interompues par une série unique radiale de parenchyme (rayon médullaire). Les grands vaisseaux interrompent de toute leur largeur ces séries de fibres. Souvent encore ils sont entourés de parenchyme qui peut aller jusqu'à former des bandes minces tangentielles, courtes, ce qui donne au bois une apparence fracturée, brisée. Quelquefois même ce parenchyme forme des îlots assez considérables.

Les séries radiales du bois qui sont principalement indiquées par les rayons de parenchyme (fig. 10, tab. V), sont rarement parfaitement droites; elles s'infléchissent tantôt d'un côté, tantôt d'un autre, suivant le

nombre et la grandeur des vaisseaux. Le contour de cette première zone de bois est très irrégulier; il présente une ligne ondulée brisée suivant les différentes hauteurs du bois, qui varient excessivement. Tout autour de ce bois on voit une zone lacuneuse, formée de petites cellules plus ou moins résinifiées, réunies en cordons, qui forment les mailles d'un réseau. Cette zone est un premier liber avec l'ancien *cambium* qui entourait le bois. D'un côté, c'est-à-dire sur un demi-cercle, il passe directement à l'écorce, de l'autre il produit un *cambium* lignigène qui, en effet, donne naissance premièrement à un nouvel arc de liber et ensuite, au lieu de continuer à former du liber, un arc supplémentaire de bois en forme de croissant. De cette façon on trouve entre deux libers une portion de bois anormale. Cette zone libérienne intercalée est riche en tubes criblés (ceux-ci sont déformés et aplatis sur le sec), pauvre en parenchyme, mais lacuneuse. On y remarque quelques fibres libériennes complètement oblitérées par l'épaississement et plus ou moins isolées. Les lacunes du liber intercalé proviennent de la destruction d'une grande partie du parenchyme libérien.

Les mêmes éléments s'observent dans le liber périphérique non intercalé.

Entre le bois et le liber, le *cambium* forme une zone mince et, on trouve dans le liber non seulement des fibres libériennes, mais aussi des cellules pierreuses. Les tubes grillagés sont mélangés de parenchyme libérien. Au-dessus du liber proprement dit, les fibres libériennes forment un anneau presque ininterrompu, irrégulier et à plusieurs assises de cellules, qui est recouvert par l'écorce moyenne, formée d'un parenchyme de cellules très allongées tangentiellement et munies de grains de chlorophylle. Cette assise est interrompue ici et là par des cellules pierreuses généralement grandes. L'écorce est haute de 6-10 assises, dont les dernières ont leurs parois légèrement collenchymateuses. Le tout est recouvert par places par un épiderme à petites cellules et portant quelques poils unicellulaires 2-3 fois plus hauts que les cellules épidermiques. Cet épiderme n'est pas persistant. Il se forme sous l'épiderme

une ou plusieurs assises de sclérenchyme hypodermique qui s'augmentent par une zone génératrice. Ces nouvelles cellules épaississent leur membrane, leur contenu devient brunâtre et leur paroi se subérifie. Il y a formation de liège et l'épiderme n'a plus qu'à s'exfolier avec les premières assises du liège.

J'ai décrit en ces quelques lignes le cas le plus simple de la structure anormale chez *Moutabea*. On comprend que par intercalation alternative de nouveaux arcs de bois dans le liber, tantôt d'un côté tantôt d'un autre, on arrive à un système de portions ligneuses en forme de croissant imbriquées autour d'un centre commun et se recouvrant comme les pièces du calice dans une estivation quinconciale.

M. F. Müller a décrit, le premier, un cas semblable chez *Securidaca*[1]. Les jeunes rameaux de cet arbrisseau sont cylindriques et ont un bois compact dans lequel on distingue à peine, à l'œil nu, les vaisseaux. Quand les rameaux ont 1 centimètre de diamètre, mais quelquefois plus tôt, rarement plus tard (v. fig.), la formation du bois extérieur a lieu. Le nouveau *cambium* ne forme pas un anneau complet, mais des arcs de dimension variable, quelquefois si courts que le bois formé par eux ne contient qu'un seul vaisseau. Le bois nouveau a des vaisseaux larges et il est plus tendre que le bois de cœur; il se distingue aussi par sa coloration plus foncée. Les morceaux du bois se laissent facilement détacher. On voit dans la figure quelque chose d'analogue à ce qui s'observe pour *Moutabea*, mais le cas est encore plus compliqué.

[1] F. Müller, *Bot. Zeit.*, 1866, p. 59. (Je n'ai cependant pas retrouvé de *Securidaca* à structure semblable, il se pourrait que F. Müller ait confondu une *Malpighiacée* avec un *Securidaca*, les fruits étant semblables.)

INFLORESCENCE

Les fleurs des Polygalacées sont ordinairement disposées en grappes plus ou moins allongées. Toutes les autres inflorescences ne sont que des modifications de ce type primitif. Cette grappe affecte plusieurs formes qui passent insensiblement les unes dans les autres. Tantôt allongées et cylindriques, denses ou lâches, tantôt raccourcies et pyramidales (*P. nana*, L), elles deviennent quelquefois corymbiformes et subcapitées (*P. longicaulis*, H. B. K.), ou capitées (*P. Moquiniana*, St. Hil, *P. punctata*, Benn.). Chez les espèces herbacées elles terminent ordinairement la tige principale ou leurs ramifications principales (*P. vulg.*, L. et affin.). Chez la plupart des espèces ligneuses ou suffrutescentes, les grappes sont au contraire axillaires (*P. violacea*, Wahl., *P. erioptera*, DC.). Ce mode d'inflorescence se rencontre d'ailleurs aussi fréquemment parmi les espèces asiatiques herbacées (*P. chinensis*, L., *P. hirsutula*, Arn.). D'une manière générale, les grappes terminales sont plus allongées que les axillaires. Ces dernières peuvent se réduire considérablement jusqu'à devenir uni-biflores (*P. Chamæbuxus*, L.). En effet les fleurs, souvent solitaires à l'aisselle des feuilles de cette dernière espèce, sont portées sur des ramuscules fort courts, munis sur leur pourtour de petites écailles, rudiments de feuilles dégénérées, imbriquées. Ces fleurs solitaires ne sont cependant pas terminales; elles sont surplombées dans leur jeunesse par la terminaison du ramuscule qui est recourbée en crosse (fig. 1, tab. VIII). La fleur unique est encore, dans ce cas, latérale. Lorsque, chez *P. Chamæbuxus*, deux fleurs se développent au lieu d'une, l'axe est redressé et apparaît entre les deux fleurs. Les grappes peuvent cependant être supra-axillaires, c'est-à-dire se séparer de la tige en un point quelconque et non plus dans l'aisselle de la feuille. Ceci s'observe fréquemment dans cette famille (*P. extraaxillaris*, *P.* du

groupe *Hebecarpa*, *P. asiatiques*, *P. erioptera*, DC., *P. Sibirica*, L., etc.). Dans ces cas, l'axe commun de la grappe, né dans l'aisselle d'une feuille, monte, sur un parcours plus ou moins grand, le long de la tige, en se soudant avec elle, pour ne s'en séparer qu'à une distance variable de son point de départ, si bien qu'il paraît sortir d'un point quelconque de la tige. On peut ordinairement suivre sur tout ce parcours la ligne de décurrence formée par la soudure du ramuscule. Chez les espèces américaines qui ont ce caractère, toutes les fleurs se développent sur la partie de l'axe qui est libre; chez *P. erioptera*, DC., plante du désert, on voit souvent une ou plusièurs fleurs se détacher de la partie soudée de l'axe et sortir même apparemment de l'aisselle de la feuille. Ce sont les premières fleurs d'une grappe qui ne devient libre que plus haut. Les grappes terminales sont quelquefois dépassées par les branches latérales en fausse dichotomie (*P. dichotoma nob.*, *P. ramulosa*, Boiss.). Toutes ces grappes axillaires et terminales sont dressées et négativement géotropiques. Une seule espèce fait exception. En effet, les grappes pyramidales et extra-axillaires de *P. venenosa*, Juss , sont toutes et invariablement dirigées vers le sol. A quoi faut-il attribuer cette singulière direction? C'est ce que je ne saurais dire. Lorsque la terminaison de la tige principale est rameuse, il peut arriver que chacun des rameaux porte une grappe. Les grappes sont alors en corymbe (*racemi corymbosi*). Chacune termine ou un rameau ou sort de l'aisselle d'une feuille caulinaire. Lorsque les rameaux sont eux aussi ramifiés et que chacune des ramifications porte une nouvelle grappe, toute l'inflorescence prend alors l'aspect d'un corymbe composé et les feuilles qui accompagnaient les ramuscules se réduisant de plus en plus, ce qui tout d'abord n'était qu'une réunion de grappes simples, devient, par la perte des feuilles, une panicule ou un faux corymbe composé. Cette réduction graduelle s'observe facilement chez diverses *Bredemeyera* du Brésil (*B. lucida*, etc.), de même que chez certains Polygala N. américains (*P. cymosa*, Nutt., *P. Baldwini*). Chez *Xanthophyllum* les panicules ne sont pas rares. La grappe chez *Muraltia* (du Cap), en se raccourcissant, donne naissance à

une ombelle ou un corymbe pauciflore. Elle devient un épi grêle chez *Salomonia* par la réduction des pédicelles floraux.

Outre ces grappes normales, ***P. polygama***, Walt., en produit d'anormales qui naissent de son collet ou de la partie supérieure de ses racines. Ces grappes basilaires sont chlorotiques; elles portent à leur base quelques feuilles écailleuses, blanchâtres, mais leurs fleurs semiavortées n'en sont pas moins fertiles, car elles produisent des semences bien conformées et capables de germer.

Le rachis de la grappe varie beaucoup suivant les espèces. Le plus souvent il est droit et mince, quelquefois courbé ou arqué, c'est-à-dire sensible aux radiations lumineuses qui lui impriment une flexion héliotropique. Souvent il est accrescent et s'allonge beaucoup pendant la floraison, alors que les fleurs inférieures sont tombées (beaucoup de P. américains). Il s'épaissit souvent alors et peut devenir subligneux. Les pédicelles floraux, en tombant, lui font ordinairement une petite cicatrice correspondant à une légère proéminence de l'axe. Si les fleurs étaient distantes, ces cicatrices, distantes aussi, se remarquent peu, mais lorsque les fleurs sont serrées, les cicatrices, avec leur petite dent sur laquelle reposait le pédicelle floral, forment une ligne spiralée et découpent l'axe de la grappe élégamment en lui donnant l'apparence d'une lime cylindrique à dents grossières, ce que j'ai indiqué dans la partie descriptive par l'expression « raduliformiter aspera. » La grappe qui, primitivement, est quelquefois sessile, devient alors pédonculée par son rachis dénudé. Chez ***P. arizonæ nob.***, l'axe de la grappe est articulé en zigzag, exemple unique de ce fait.

On retrouve dans les inflorescences de quelques espèces de la section *Macrophylla* les aiguillons stipulaires que j'ai décrits pour les feuilles Mais tandis que pour les feuilles le nombre de ces aiguillons obtus est de deux, il ne s'en développe qu'un seul au-dessous de la bractée mère de chaque fleur, soit à droite, soit à gauche. Ces faux aiguillons acquièrent chez ***P. gigantea nob.*** un développement considérable et persistent sur le rachis dénudé. Chez d'autres espèces ils ne forment que de

petites proéminences creusées à leur sommet. Je les ai nommées « spinæ stipulares. »

Bractées. Toutes les fleurs de Polygalacées, sans exception, sont précédées de trois bractées dont l'une, opposée à l'axe, est généralement plus grande (*bractea*) et doit seule être considérée comme une vraie bractée; les deux autres, situées de chaque côté de la ligne médiane ou de zygomorphie, sont plus petites ou ne dépassent pas la bractée en longueur; elles représentent les deux feuilles préflorales ou bractéoles (*bracteolæ*) qui se rencontrent chez beaucoup de plantes dicotylées. La bractée ou bractée mère, apparaît bien avant les deux feuilles préflorales. J'ai suivi le développement de ces organes chez *P. vulgaris*, L. et *P. amara*, var. *amarella*. On voit s'élever, immédiatement au-dessous du point végétatif conique de la grappe, une série de protubérances spiralées qui prennent bientôt la forme d'une petite corne ascendante, obtuse, légèrement invaginée sur sa face interne. Ce mamelon s'est déjà allongé considérablement, lorsqu'on voit apparaître dans l'angle qu'il forme avec le cône végétatif un nouveau mamelon arrondi, sur les flancs duquel naissent bientôt deux petites élévations latérales qui sont la première ébauche des feuilles préflorales. Il m'a été impossible de constater dans quel ordre elles apparaissent. Leur naissance est-elle simultanée ou consécutive? c'est ce que je ne saurais indiquer. La bractée mère a une croissance excessivement rapide au début, elle dépasse le mamelon floral et s'élève avec toutes les autres jusqu'au-dessus du point végétatif, qui se trouve ainsi protégé et caché par une coiffe de jeune bractées imbriquées. A l'âge adulte, la structure de ces bractées et bractéoles est celle d'une feuille. La bractée mère de *P. vulgaris*, L. est lancéolée, un peu concave, uninerviée; elle porte sur ses bords des poils qui, primitivement droits et unicellulaires, finissent par se recourber en crosse ou en crochet. Ces poils sont des cellules épidermiques proéminentes, allongées. Quelquefois, mais rarement, une cellule donne naissance à deux poils, un à chacune de ses extrémités. La surface des poils est chagrinée comme celle des poils foliaires. L'épiderme est incolore, mais

le parenchyme sous-jacent est souvent rempli, au moins dans son jeune âge, d'un suc cellulaire rose ou violet. Les stomates sont nombreux et augmentent en fréquence à mesure qu'on s'approche de la nervure médiane où le parenchyme ambiant est fortement chlorophyllé. Les stomates, vus de face, sont parfaitement circulaires.

Les deux feuilles préflorales qui ont suivi de si près l'apparition de la bractée mère, restent encore longtemps cachées dans son aisselle; elles enveloppent le mamelon floral. Souvent elles persistent dans cet état rudimentaire ou ne s'accroissent que peu (*P. obovata*). Elles sont toujours plus petites que la bractée mère. L'ensemble de ces trois feuilles forment un petit calicule qui, le plus souvent est caduc mais persiste quelquefois. Bractée et feuilles préflorales peuvent devenir scarieuses et blanches (*P. Salasiana*, Gay, *P. persistens*, A.-W. Bennet). Lorsque ces dernières persistent durant toute la floraison et même après la déhiscence des fruits, elles donnent, par leur présence, un bon caractère de diagnose. La persistance ou la caducité de ces organes ne sont pas constants pour un groupe naturel. On peut observer, à ce sujet, les plus grandes différences entre les espèces les plus voisines. Chez les P. verticilles du Brésil, les bractées tombent généralement de bonne heure. *P. Græbiana*, Chod., *P. orthiocarpa*, Chod., etc., font exception.

Lorsqu'il y a caducité, c'est toujours la bractée qui tombe en premier lieu; les autres persistent encore plus ou moins longtemps. Quand les bractées acquièrent une certaine longueur, elles dépassent les jeunes fleurs et donnent à la jeune grappe, si elles sont étroites, une apparence chevelue (*racemi apice comosi*). (*P. vulgaris* subsp. *comosa*, *P. Timoutou*, Aubl., etc.). Elles peuvent, dans quelques cas rares, dépasser les fleurs adultes; toute la grappe devient alors chevelue. (*P. resedoides*, St. Hil., *P. crinita*, Chod.). Si dans leur jeunesse elles sont quelquefois colorées, elles deviennent de plus en plus scarieuses à mesure qu'elles s'approchent du moment de la déhiscence. C'est chez *P. Gomesiana*, plante de l'Angola, qu'elles atteignent leur plus grand développement. La bractée mère atteint ici 1 centimètre de longueur; elle contribue, par sa belle couleur, à donner de l'éclat à l'inflorescence.

Pédicelles. Les pédicelles n'apparaissent qu'après l'édification complète de la fleur; leur croissance est alors très rapide et atteint son maximum un peu avant l'anthèse. A ce moment leur allongement est à peu près terminé et ce n'est que dans des cas assez rares qu'ils se développent encore jusqu'à la maturité (*P. Gomesiana*, Welw.). Ils sont ordinairement cylindriques et souvent munis de poils recourbés. Leur structure est celle de la tige. Dans la plupart des cas, leur longueur n'excède pas celle de la fleur, ce qui donne à la grappe un aspect spiciforme. Certains genres ont une tendance à la suppression des pédicelles; ainsi *Muraltia*, *Salomonia*. Les fleurs chez ce dernier sont en effet sessiles; elles forment un épi véritable. Au début, les pédicelles forment, avec l'axe, un angle aigu, puis ils se défléchissent jusqu'à être recourbés en arc, après la floraison. Le fruit est alors pendant. Cette nutation ou déflexion n'a pas lieu chez les espèces à pédicelles courts (*P. orthiocarpa*, Chod., *P. gracilis*, H. B. K , etc.). Ils sont quelquefois fortement héliotropiques et se tournent tous du même côté (*P. vulgaris*, var. *nonnull.*). Dans quelques cas, rares il est vrai, ils sont fortement ailés par la décurrence des sépales extérieurs (*P. Nana* et spec. affin.). Leur sommet est souvent tronqué obliquement. Cette obliquité peut devenir extrême chez les espèces américaines de la section *Chamæbuxus*. Le réceptacle très allongé devient parallèle ou à peu près à la direction du pédicelle et occupe la moitié de l'un de ses flancs. On peut dire alors que l'un des côtés du pédicelle s'est accru considérablement en laissant l'autre flanc en arrière. Cette obliquité du réceptacle, qui est déjà très apparente chez nos *Chamæbuxus* européens et marocains, s'accentue chez les espèces asiatiques (*P. arillata*, *P. venenosa*), devient plus marquée chez *P. paucifolia*, Wild., des montagnes Alleghanis et atteint son maximum dans les espèces citées.

Leur position sur l'axe varie; l'axe de divergence chez *P. vulgaris* est tantôt de $^3/_8$, tantôt de $^5/_{13}$.

Les fleurs. Les fleurs ne sont jamais terminales; elles sont toujours disposées comme nous l'avons indiqué pag. 50, en épis ou en panicule. Jamais elles ne sont régulières, mais toujours franchement zygomor-

phes. Elles sont composées de cinq verticilles qui apparaissent successivement de l'extérieur vers l'intérieur. J'ai suivi pas à pas le développement des verticilles floraux chez plusieurs espèces. Cette recherche est rendue difficile par la petitesse des fleurs. Je me suis adressé aussi bien à du matériel frais qu'à du desséché. Je dois à cette occasion réfuter une erreur qui a généralement cours; c'est que les recherches organogéniques, pour être bien faites, doivent toujours s'adresser à des plantes fraîches. Je ne disconviens pas que cette méthode ne présente de grands avantages, mais elle souffre, lorsqu'on a à traiter des sujets très petits, de désavantages réels. La grande turgescence des organes les rend glissants et très élastiques, ce qui n'a pas lieu sur les fleurs ramollies. Pour ma part j'ai eu toujours autant de succès en analysant des plantes sèches ramollies par l'ébullition dans l'eau qu'en m'adressant à des fleurs fraîches.

C'est *P. floribunda*, Benth., du Mexique qui m'a donné les meilleurs résultats.

Quand la bractée et les feuilles préflorales ont fait leur apparition, on remarque entre ces deux dernières un mamelon arrondi, hémisphérique, qui ne tarde pas à donner naissance, à son pourtour, à trois petites protubérances hémisphériques qui, s'accroissant de plus en plus, deviennent de petites feuilles calicinales arrondies et charnues. Je n'ai pu, malgré des recherches nombreuses et minutieuses, déterminer lequel de ces mamelons apparaît le premier (v. tab. VIII, fig. 3).

Si nous comparons la position des trois nouveaux sépales avec celle de la bractée et des deux feuilles préflorales, nous verrons que l'un des sépales est postérieur, les deux autres antérieurs. En nous aidant de la structure de la fleur définitive ou de la préfloraison, nous verrons que le sépale antérieur gauche est recouvert par le sépale antérieur droit. Ceci nous permet d'en tirer la déduction que le sépale antérieur droit est typiquement le premier. Or on sait que lorsqu'il y a deux feuilles préflorales et que le sépale droit est le premier, le second sera celui qui est postérieur et opposé à la bractée, le troisième le sépale antérieur gauche, suivant le diagramme.

Ce qui est sûr, c'est que leur naissance précède de beaucoup celle des deux mamelons qui donneront finalement les deux sépales intérieurs, c'est-à-dire les ailes.

En effet, les trois premiers mamelons ont déjà atteint une certaine dimension et dépassent en hauteur le mamelon floral principal lorsque les deux internes commencent à peine à s'élever. Le calice apparaît donc en deux temps bien distincts, suivant la spirale $^2/_5$. La naissance des deux sépales intérieurs est, au moins autant que l'observation permet de le constater, simultanée. Ceci résulte d'observations répétées, faites sur différentes plantes de la famille (*P. vulgaris*, L., *P. Chamæbuxus*, L., *P. myrtifolia*) (v. fig. 5, tab. VIII).

Pendant ce temps les sépales extérieurs s'accroissant plus considérablement par leur face dorsale que ventrale, prennent un aspect conchoïde et s'imbriquant mutuellement, comme il a été dit, forment, au-dessus du point végétatif, un dôme protecteur. C'est à l'abri de ces sépales que se continue le développement de la fleur. Les sépales intérieurs demeurent encore quelque temps minimes; peu à peu ils s'élargissent à la base et finissent par être triangulaires, arrondis au sommet. C'est à ce moment que le mamelon central forme à son pourtour cinq autres protubérances égales en grosseur et dont l'apparition est simultanée (v. tab. VIII, fig. 6). Deux de ces mamelons, les deux supérieurs, sont séparés l'un de l'autre, dès l'origine, par un intervalle assez considérable. Quand on a le bonheur d'ouvrir une fleur à ce degré de développement, on remarque, après avoir écarté les trois sépales extérieurs, sept mamelons presque égaux, dont deux extérieurs, un peu élargis à la base et cinq intérieurs en deux groupes, trois antérieurs (devant les deux mamelons sépaliques intérieurs), dont l'un tombe exactement dans la ligne médiane et deux postérieurs de chaque côté de la ligne. Ceci nous montre évidemment une tendance à la symétrie binaire, tendance qui paraît être ainsi originelle. Dès ce moment, l'inégalité dans le développement qui a pour suite la zygomorphie, c'est-à-dire la bilatéralité de la fleur, s'accentue de plus en plus. Le pétale antérieur, c'est-à-dire le mamelon impair médian du verticille

pentamère qui vient de naître augmente rapidement, tandis que les autres retardent leur accroissement. Quand ce pétale impair, qui finalement donnera ce qu'on est convenu d'appeler la carène dans la fleur des Polygala égale les deux sépales intérieurs, le premier verticille staminal apparaît. Il est formé par quatre mamelons égaux; deux naissent devant le pétale antérieur et sont très rapprochés, deux autres apparaissent entre les pétales supérieurs et les latéraux. Les pétales, à cette époque (v. fig. 8), ne sont encore que des mamelons sans aucune configuration foliacée. Le second verticille suit de très près le premier; il est aussi composé de quatre mamelons, mais ceux-ci sont opposés aux pétales latéraux et supérieurs. L'apparition de ces deux verticilles est excessivement difficile à suivre, à cause de la quasi simultanéité de leur naissance. Je n'ai observé qu'une seule fois le début du développement des quatre premières étamines, alors que le second verticille n'était pas encore visible. Dans tous les autres cas, j'ai trouvé les huit étamines déjà indiquées, il est vrai, à des états de développement inégaux, c'est-à-dire quatre étamines extérieures plus considérables que les intérieures. En même temps que les étamines intérieures apparaissent, l'axe, c'est-à-dire la partie centrale, paraît s'invaginer en formant, de chaque côté de la transversale, un bourrelet en forme de croissant. C'est la première ébauche des deux carpelles (v. fig. 8).

Il y a donc aussi dès le début, formation de deux carpelles seulement. Ceux-ci paraissent donc typiques et résultent forcément de toute la disposition bilatérale de la jeune fleur.

Ce que j'ai décrit en détail pour *P. floribunda* se retrouve chez *P. amara*, *P. vulgaris*, *P. Chamæbuxus*, *P. myrtifolia*, et cadre dans ses traits essentiels avec ce qu'a décrit Payer pour *P. speciosa* aut. Il ne me paraît cependant pas avoir assez insisté sur la bilatéralité originelle de la fleur. Chez les espèces susmentionnées (exempl. *P. floribunda* Benth.) les pétales latéraux cessent d'être visibles peu avant le développement des carpelles.

Ce développement qui paraît être général pour le genre *Polygala*, n'a

pas lieu de la même façon chez *Muraltia*. Ici le premier verticille d'étamines apparaît normalement, le second se comporte tout autrement : les deux étamines opposées aux pétales supérieurs avortent dès le début, mais il naît une étamine devant le pétale médian antérieur. C'est ce que M. Baillon avait déjà observé pour *Muraltia heisteria ;* j'ai vérifié cette observation pour *Muraltia fasciculata*.

J'ai également poursuivi le développement floral chez *Salomonia oblongifolia*. Ici le second verticille des étamines est complètement supprimé : il n'est pas possible d'en trouver même des traces, dans les fleurs très jeunes. Les pétales latéraux avortent aussi de très bonne heure.

Le développement que je viens d'esquisser combiné au fait que l'on trouve quelquefois chez les Polygala (*P. Chamæbuxus*), une neuvième étamine opposée à la carène, et comme je l'ai observé chez *P. Chamæbuxus* une dixième étamine, alternant avec les pétales supérieurs, montre clairement que les Polygalacées ont en principe un androcée diplostémone, pentamère et un gynécée formé de deux carpelles.

Il me semble exagéré de supposer comme on le fait quelquefois en voulant appliquer la loi d'alternance dans toute sa rigueur, que les deux carpelles que l'on trouve chez toutes les Polygalacées, sont les rudiments d'un verticille carpellique pentamère, car jamais à ma connaissance on n'a trouvé de *Polygala* à cinq carpelles. *Trigoniastrum* qui est indiqué comme possédant trois carpelles n'appartient pas à la famille qui nous occupe[1]. Même en admettant cette supposition comme juste les deux carpelles feraient injure à la loi d'alternance, à l'appui de laquelle on les aurait supposés être les restes d'un verticille pentamère, car le carpelle antérieur serait opposé à l'étamine médiane du verticille intérieur. Il me semble plus juste, en me basant d'ailleurs sur le développement que je viens de décrire, que ces fleurs ont une tendance originelle et générique à la symétrie bilatérale, et que la position des deux carpelles est déterminée,

[1] Benth. et Hook. *Gen. Plant.* (*Polyg.*).

par tout l'arrangement floral antérieur. En effet les étamines en deux phalanges latérales ne laissent de champ ouvert pour le développement des deux carpelles que dans la ligne médiane.

Ces deux carpelles se comportent vis-à-vis des étamines comme si ces dernières n'en représentaient que deux, une de chaque côté de la médiane. En réalité c'est bien ainsi qu'elles se développent dans la suite en deux phalanges.

LES VERTICILLES FLORAUX CONSIDÉRÉS SÉPARÉMENT

Les sépales.

Dans les jeunes fleurs de *P. vulgaris*, les sépales se recouvrent de la manière suivante ; le sépale inférieur gauche recouvre par son bord droit le second sépale, qui, à son tour, recouvre en partie le supérieur qui est aussi caché en partie par le sépale inférieur gauche. Ces trois sépales extérieurs limitent la fleur. Cette estivation quoique très commune est cependant loin d'être générale; elle n'est pas même constante dans une seule et même espèce.

La spirale au lieu de se diriger de gauche à droite, peut aussi prendre une direction inverse. Chez *P. Chamæbuxus*, *Comesperma conferta* et chez d'autres encore les deux directions se trouvent dans une même inflorescence. Les sépales intérieurs sont recouverts chacun à moitié par le sépale supérieur, à moitié par le sépale inférieur correspondant. A cette époque ils ne se touchent pas encore et ce n'est que dans la suite qu'ils s'embrassent mutuellement, mais sans régularité. Les sépales extérieurs croissent au début très rapidement et laissent les intérieurs bien en arrière; ce n'est que lorsque la carène a reçu son appendice et que les étamines commencent à se hausser sur leurs filets, que les sépales intérieurs ayant atteint la longueur des extérieurs, les écartent pour se frayer un passage. Dès ce moment leur croissance est plus active et ils

dépassent, en peu de temps de beaucoup les extérieurs. Leur allongement ne se fait que lorsque toutes les parties internes sont apparues. Cette inégalité dans le développement qui est générale dans le genre *Polygala* n'est pas constant pour la famille. Chez *Muraltia* les sépales sont subégaux et glumacés et tous de même forme et de même consistance. Chez *Xanthophyllum* les sépales intérieurs sont un peu plus grands que les extérieurs, et chez le singulier genre *Moutabea* les cinq sont soudés en un tube parfait, divisé à sa partie supérieure en cinq lobes lancéolés, subégaux et charnus. Les sépales extérieurs présentent quelquefois des irrégularités. Le sépale supérieur est plus grand que les antérieurs, il est souvent sacculiforme et concave (*P. supina*, *P. Chamæbuxus* et affin.). Les antérieurs sont quelquefois plus ou moins soudés, en un seul sépale bifide ou subentier. Ce caractère est très précieux pour la diagnose car il est constant pour des groupes naturels. (*Extraaxillares*, *P.* se rattachant à P. Huilleusis). Dans un nombre très considérable d'espèces ils sont herbacés avec les bords légèrement scarieux ou seulement décolorés.

Chez la plupart des plantes appartenant à la section des Extraaxillaires les sépales extérieurs présentent des dents terminées par une espèce de glande ces dents ne sont pas des poils comme il s'en trouve sur le bord de beaucoup de sépales de Polygala divers. Ce sont réellement des prolongements du parenchyme foliaire recouverts de l'épiderme et terminés par une glande capitée pluricellulaire. Outre ces dents on remarque des poils de plusieurs formes, tantôt droits et chagrinés, tantôt recourbés; ici et là aussi des papilles épidermiques à épaississement terminal cellulosique, capité.

Chez *Xanthophylum* et *Moutabea* les sépales sont charnus. Le plus souvent les sépales extérieurs persistent concurremment avec les sépales intérieurs pendant la maturation du fruit. Il en est ainsi chez la plupart des Polygala à l'exception des sections *Phlebotænia*, *Hebecarpa*, *Chamæbuxus* ou les sépales sont caduqes avant la maturation du fruit. Chez quelques espèces de ces sections le sépale impair postérieur persiste

souvent encore pendant quelque temps à la base du fruit (*P. Arizonæ*, nob., *P. Lindheimeri* Gray). En outre les sépales sont caduques chez *Bredemeyera*, *Monnina*, et *Securidaca*.

On voit que si la caducité des bractés ne peut servir de caractère de diagnose générale, celle des sépales est constante pour certains groupes naturels.

Le plus souvent les sépales extérieurs sont tous les trois insérés à la même hauteur (*P. vulgaris* et aff. *P. verticill.* et aff.), chez les espèces du sous-groupe du *P. lutea*, *P. nana* DC, *P. Ruegelii*, etc. le sépale impair est assez distant des deux autres. Chez *P. nana* DC., par exemple, ou le pédicelle floral est excessivement court (voir figure), le sépale impair postérieur est situé à la base du pédicelle, tandis que les deux autres sont insérés à son sommet. Cette disjonction n'est pas aussi apparente chez les autres espèces de ce petit groupe, mais toutes ont les sépales largement décurrents en forme d'aile sur le pédicelle floral (*P. Ruegelii*, figure).

Beaucoup d'espèces ont les sépales extérieurs apiculés ou simplement aigus. *P. Crinita* du groupe *Timoutou* se distingue tout spécialement par ses sépales longuement amincis en une fine lanière aiguë qui dépasse les ailes et la corolle. Les deux sépales antérieurs sont ordinairement égaux de forme et de grandeur (*P. vulgaris, P. lucida*, Bennet, etc.) mais chez les espèces du groupe Macrophylla l'un des sépales est beaucoup plus grand que l'autre et présente un contour bizzarement oblique.

Les ailes

Les sépales intérieurs au nombre de deux ont reçu le nom d'ailes (*alæ*) à cause de leur ressemblance avec les ailes des fleurs papilionacées auxquelles on a autrefois réuni les Polygala. Le plus souvent les ailes sont pétaloïdes, et beaucoup plus grandes que les sépales extérieurs. Elles dépassent quelquefois la fleur de beaucoup et la corolle est pour ainsi dire enveloppée par elles. (P. de la subsect. *Timoutou*, etc.). Elles sont

souvent colorées des couleurs les plus vives : il y en a de bleues, de rouges, de violettes, de jaunes, de blanches. Dans le genre Polygala elles sont rarement sépaloïdes.

Ceci arrive cependant chez plusieurs espèces se rattachant au *P. Chinensis* de l'Inde. En effet beaucoup de *P. asiatiques* manquent de l'éclat et de la beauté que possèdent à un si haut degré leurs congénères d'Afrique et d'Amérique.

Ces ailes pétaloïdes et poilues se rencontrent aussi chez quelques espèces américaines de la section *Hebecarpa* (*P. ovalifolia* Gray, *P. pubescens* Gray, *P. macradenia*). La présence de poils au bord ou sur la surface des ailes est toujours un signe qu'il y a une tendance à la virescence. Ainsi dans le groupe déjà cité des Hebecarpa on peut suivre toutes les gradations entre des ailes peu poilues et pétaloïdes (*P. Costaricensis* Chod.) des ailes plus poilues et moins pétaloïdes (*P. puberula* Gray, *P. leptosperma*, Chod.) et des ailes fortement poilues et herbacées (*P. ovalifolia* Gray, P. ovatifolia DC., *P. macradenia* Gray, *P. glandulosa* HBK.) Dans d'autres groupes (extraaxillaires) la virescence est indiquée par quelques poils sur la marge inférieure des ailes.

Dans la plupart des cas la virescence marche de pair avec une réduction de l'organe (espèces citées plus haut) *P. ovatifolia* Gray. La réduction des ailes peut cependant se faire sans qu'elle soit accompagnée de virescence. Ainsi les ailes deviennent fort petites chez *P. remota* Bennet, sans perdre leur apparence pétaloïde. Lorsque les ailes diminuent ainsi de grandeur en perdant leur couleur vive, leur fonction est souvent prise par la corolle qui se colore d'une manière intense ou par les pétales supérieurs qui prennent un grand développement (*P. Schoenklankii*).

Leur forme varie beaucoup; elle demeure cependant assez constante dans les limites des groupes naturels. Tantôt elles sont elliptiques (*P. vulgaris* et *P. brésiliens* nombreux), tantôt lancéolées (*P. ovalifolia* Gray, *P. flavescens*) aiguës (*P. Chinensis* et aff.), largement ovales triangulaires (*P. Lanceola* Wild.) tantôt orbiculaires (*P. Krügeri*), etc. Elles peuvent être parfaitement symétriques ou asymétriques. Chez presque

toutes les espèces du groupe « Extraaxillares » une échancrure peu profonde indique le sommet organique de l'aile. Si l'on suit la nervure moyenne qui de cette échancrure descend jusqu'à la naissance de l'aile on la découpe ainsi en deux moitiés qui sont très inégales (*alæ inæquilaterales*). Cette asymétrie s'observe aussi chez certains groupes de l'ancien monde, mais d'une manière moins accentuée (*P. oppositifolia.* etc.). L'asymétrie peut être encore d'un autre ordre : les ailes sont faiblement falciformes et déjetées vers l'axe de la grappe. (*P. Warburgii* nob. *P. asbestina,* etc. *P. carueliana Burnat.*)

Le nombre et le mode de ramification des nervures sont assez constants pour chaque espèce, mais varient souvent d'une espèce à l'autre. On peut distinguer plusieurs cas principaux :

1° Les nervures sont peu nombreuses (1-3), elles sont simples ou peu ramifiées, leurs terminaisons ne s'anastomosent pas avec les nervures voisines. Ce cas est particulier aux ailes des petites fleurs. (*P. subuniflora* Boiss. *P. amara* cum var. Jacq., beaucoup de P. brésiliens à fleurs petites.)

2° Les nervures sont peu nombreuses (1-3), mais elles sont fortement ramifiées, leurs terminaisons ne s'anastomosent pas.

P. Japonica, P. elegans Wallich., *P. Khasiana* Hook fil., *P. Lucida* Bennet.

3° Les nervures sont peu nombreuses (1-5), mais leurs terminaisons sont anostomosées.

P. vulgaris, P. Nicæensis, P. hispida Burchell., *P. rupicola* Hochst, Dans ce dernier cas la nervure médiane se distingue des autres par son apparence plus robuste et moins ramifiée.

Il peut aussi arriver que les trois nervures principales émettent des ramuscules nombreux qui en s'anastomosant découpent les ailes en un réseau aréolé.

4° Les nervures sont nombreuses, subparallèles et ténues, toutes sont de même consistance ; elles se relient au sommet par des arcs

courts et émettent sur leur parcours peu ou point de ramuscules. (*P. Chamæbuxus*, *P. peduncularis* Burch., etc.).

Dans la plupart des cas les nervures latérales et marginales émettent des ramuscules qui se terminent le plus souvent librement dans le parenchyme.

Il est fort rare de rencontrer une série d'arcs et d'arches tels qu'on en observe sur le bord des feuilles végétatives de beaucoup de plantes.

Le réseau formé par les nervures et leurs ramifications est le plus souvent caractéristique pour chaque espèce et peut servir de caractère pour la distinction des espèces.

La structure anatomique de ces ailes pétaloïdes est celle des pétales. On n'y trouve point de stomates.

Leur coloration est due (lorsqu'elle est bleue, rouge ou violette) à un principe colorant dissous.

La même substance colorante, colore différemment selon que la cellule a une réaction acide, neutre ou alcaline. La coloration bleue semble correspondre à l'état neutre, la violette à un état de passage et enfin la teinte rouge est produite par une réaction acide. On peut s'assurer de ce fait en traitant ces colorations par des réactifs faibles.

Les alcalis donnent aussi bien aux fleurs rouges qu'aux bleues une teinte verdâtre, tandis que les acides les rougissent. La coloration jaune de Chamæbuxus est due à des leucites colorés et finement granuleux.

Avant l'anthèse les ailes entourent et protègent la corolle, puis elles s'étalent (*P. vulg.*, *P. myrtifolia*) pendant la fécondation et finissent par se redresser quand la fleur commence à se flétrir. Chez *P. myrtifolia* la lumière les étale, l'obscurité les relève. Ces mouvements nychtitropiques sont cependant assez lents. Chez Polygala les ailes persistent souvent avec le fruit qu'elles accompagnent. Dans les sections ***Acanthocladus***, ***Phlebotænia***, ***Extraaxillaris***, ***Hebecarpa*** les ailes tombent en même temps que les sépales extérieurs. Il en est de même chez ***Comesperma*** et ***Monnina***.

Les pétales.

Ils sont soumis chez les Polygalacées aux variations les plus singulières. J'ai montré en parlant de la genèse de la corolle qu'elle apparaît sur un plan pentamère, or ce type primitif et régulier ne s'observe que rarement.

Dans le plus grand nombre des cas il se manifeste un développement inégal des parties différentes, souvent accompagné de suppressions ou de soudures.

Dès le commencement le pétale inférieur médian a une croissance plus active que les autres; il s'invagine bientôt et devient concave par le développement inégal de ses deux faces; la dorsale s'accroît plus considérablement que la face ventrale.

Son sommet s'incurve vers le centre de la fleur (fig. 7-8, tab. VIII) et surplombe les deux étamines antérieures comme d'un toit. J'ai suivi pas à pas ce développement chez plusieurs espèces et j'ai trouvé que jusqu'à la formation de ce qu'on a nommé la crête, ce développement est identique. Les espèces étudiées à ce point de vue sont : *P. floribunda* Benth., *P. myrtifolia*, *P. Chamæbuxus* L., *P. vulgaris* L., *P. amara*, subsp. *amarella*. Cette carène à l'état rudimentaire se trouve à l'état adulte chez *Xanthophyllum vitellinum*. Nous verrons d'ailleurs dans la suite que les fleurs de ce genre représentent un type primitif qui n'est visible ordinairement qu'à l'état embryonnaire chez les autres Polygalacées. Chez *P. myrtifolia* et *P. floribunda* les pétales latéraux sont encore très visibles mais leur dimension quoique beaucoup moindre que celle du pétale impair égale encore à cette époque, celle des pétales supérieurs (voir fig. 7-8 l. c.). C'est à ce moment que naissent les premières ébauches de la crête, c'est-à-dire de cet organe appendiculaire qui se développe sur le pétale impair Au début toutes les crêtes que j'ai examinées avaient la même conformation et la même origine : elles naissent sur la nervure médiane, quelque peu en arrière du sommet sous forme d'un bourrelet

en arc ou en croissant ouvert vers le centre de la fleur. Le développement ultérieur varie suivant les espèces, mais peut être ramené à trois types principaux qui déterminent la forme définitive de la crête.

1° Type *P. vulgaris.*

Le bourrelet en forme de croissant, se développe sur les côtés plus que dans la partie médiane : il finit par devenir échancré et paraît alors formé de deux parties égales. Il est donc erroné de supposer que les deux phalanges définitives ont une origine distincte. Sur la marge supérieure de ces petites lamelles on voit se différencier des mamelons disposés sur un seul rang et généralement au nombre de quatre à cinq pour chaque demi-bourrelet. Ces mamelons en s'allongeant et en se bifurquant plus ou moins à leur sommet, dans la suite, donneront naissance aux filaments de la crête, tels qu'on les trouve chez beaucoup de Polygala. Si la partie lamellaire s'accroît en même temps que les mamelons qui la couronnent et si ces derniers ne prennent pas un développement excessif en longueur, il en résultera une crête semifoliacée, lobée (*P. subuniflora* Boiss. *P. Zablotzkiana* Fisch et Mey. *P. flavescens* DC.) Si au contraire les mamelons s'allongent en filaments et en laissant la partie basilaire en arrière, nous aurons la crête laciniée de *P. Hohenhakeri*, *P. papillionacea* Boiss.).

2me type, *P. Myrtifolia.*

Tout se passe ici comme dans le cas précédent jusqu'au moment où la série des mamelons se forme, mais le développement subséquent est différent. Les protubérances qui se sont formées sur les bourrelets se dédoublent selon une ligne parallèle à celle de leur insertion et ce dédoublement se répétant, le sommet charnu des deux bourrelets qui paraît n'en former plus qu'un, à cause de leur division extrême, apparaît couvert de protubérances mamelonnées, disposées en séries longitudinales et transversales. Chacune de ces protubérances en s'accroissant en longueur et en se subdivisant, forme un ou plusieurs filaments. Ce mode de développement donne à la crête une apparence pénicillée, qu'on retrouve chez nombre d'espèces du Cap (fig. 16-17*b*, tab. VIII).

3me type, *P. Chamaebuxus* (fig. 9-13, tab. VIII).

Chez celui-ci après la formation du bourrelet semi-circulaire, il se forme des deux côtés de sa partie médiane dorsale, un épaississement qui vu de dos paraît semi-circulaire. Cet épaississement augmentant, s'avance de plus en plus vers le sommet de la carène sans s'élever et sans s'en détacher par ses bords, qui continuent à être soudés avec elle. Il se forme ainsi une poche ouverte vers le sommet du pétale. Si la paroi extérieure de la poche qui forme à elle seule l'appendice, reste simple, elle peut se plisser comme cela se voit chez *P. Balansæ* Boiss. et quelquefois chez *P. Chamæbuxus* et *P. Munbyana*, si au contraire elle se subdivise nous aurons la crête 5 lobée de *P. Vayredae* ou de *P. Munbyana*. On retrouve toutes ces modifications sur une même plante de *P. Chamaebuxus*.

On retrouve ce même plan plus ou moins modifié chez toutes les autres espèces de la série « *Chamaebuxus.* » Chez *P. arillata* le sommet du capuchon devient plurilobé. Chez *P. nemerosa* les deux épaississements que j'ai signalés à l'état embryonnaire chez *P. Chamaebuxus* sont restés rudimentaires (v. fig.). Ils forment sur la carène de *P. Mannii* Oliv. le seul représentant africain (aujourd'hui connu) du groupe *Chamaebuxus* deux protubérances assez allongées et entières. Chez *P. pulchra* la crête est membraneuse, légèrement ondulée et faiblement émarginée au milieu. C'est encore la crête de *P. Chamaebuxus* à l'état embryonnaire. Chez les espèces américaines (Californiennes et N. Mexicaines) la jeune crête sacculiforme au lieu de s'avancer vers le sommet du pétale s'élève droit en l'air; il en résulte un prolongement cornu par une duplicature qui a son ouverture vers le centre de la fleur (*P. subspinosa* Watson v. fig.). Cette ouverture peut s'oblitérer par la soudure des bords de la crête qui paraît alors simplement cornue. Mais en y pratiquant des coupes transversales on peut reconnaître qu'elle est creuse à l'intérieur. Cette crête particulière s'observe chez *P. Lindheimeri*, *P. californica*, *P. cucullata*, *P. subspinosa*, etc. Au point de vue du développement de la crête la section Chamæbuxus, section excessivement

naturelle, représente un type primitif, chez lequel nous pouvons voir se manifester une tendance à la complication qui existe chez les autres. Chez les espèces qui sont du petit groupe américain du *P. Nana*, on voit aussi des différences très grandes entre les espèces. Une des plus singulières est celle de *P. cymosa* Walt. (v. fig.). Deux mamelons rapprochés constituent la crête primitive; des deux côtés de ces mamelons se sont développés deux appendices dont le plus externe est foliacé, le plus interne claviforme.

Je ne puis énumérer et décrire toutes les formes intéressantes : un coup d'œil jeté sur les planches en dira plus que toutes les descriptions.

La crête n'est pas seulement dévolue au genre Polygala, elle existe aussi chez quelques *Securidaca* et chez toutes les *Muraltia*. Chez ces deux genres cette crête est moins découpée que chez Polygala, et le plus souvent (Securidaca) elle est formée d'une seule pièce plus ou moins dentée au sommet. Chez *Muraltia* elle est ordinairement bilobée.

Elle manque absolument à *Bredemeyera*, *Monnina, Xanthophyllum*, *Moutabea*.

Chez Polygala les sections qui en sont dépourvues, n'en possèdent à aucun âge; elle fait typiquement défaut. Il n'y a aucun passage des Polygala à crête vers ceux qui n'en possèdent pas. On pourrait peut-être en déduire que les uns et les autres doivent être génériquement distincts, mais ils sont réunis par tant d'autres caractères que la séparation serait peu naturelle. — Aug. de St-Hilaire (Mus. d'hist. nat. Mém., XVII, 313) a essayé d'établir par une suite de raisonnements, que la crête représente un lobe médian d'un feuille trilobée. Il dit : Il est à remarquer que l'on ne rencontre de crête que dans les espèces dont la carène est à un seul lobe simple ou exhaussé et au contraire il n'en existe point chez les Polygala dont la carène est à 3 lobes. Puisqu'il n'y a plus de lobe intermédiaire dans les espèces à crêtes, il me semble naturel de conclure que celui-ci représente ce même lobe. » Or ceci est un raisonnement qui n'est basé que sur des conjectures et non sur l'observation des faits. Les recherches organogéniques montrent clairement la

nature véritable de la crête qui est un organe appendiculaire de la feuille et non pas un lobe.

Il y a une exception à la règle que je viens d'indiquer, que dans les sections comprenant les P. à crête celle-ci ne manque jamais. Schweinfurth a rapporté de l'Afrique centrale un Polygala qu'il a publié sous le nº 2136 que je nomme *P. Nilotica* et qui appartient sans contredit au groupe formé par *P. Huillensis*, *P. rarifolia* DC., *P. Schönklankii*. Je n'ai point trouvé de crête sur les fleurs que j'ai examinées.

La surface de la crête chez *P. vulgaris* et les autres est papilleuse. Les cellules qui font saillie donnent aux filaments une apparence denticulée. Ces cellules épidermiques striées sont plus ou moins vides et incolores. Ce sont les cellules sous-jacentes qui sont colorées.

La carène après avoir donné naissance à la crête se différencie le plus souvent en un limbe et un onglet. Chez *Xanthophyllum vitellinum* et *Monnina* cette différenciation n'a pas lieu. La carène demeure sessile et plus ou moins cuculliforme. Chez les autres l'onglet est toujours plus ou moins formé. Il peut être court (*Phlebotaenia*) ou long (*P. Baldwini*). La partie cuculliforme passe souvent insensiblement à l'onglet (j'exprime ceci dans la partie descriptive par « limbus sensim in unguiculum desinens ») ceci s'observe chez beaucoup de P. européens (*P. supina*, *P. Hohenhackeri*, *P. papilionacea*, P. américains, beaucoup de brésiliens et des États-Unis). Elle peut aussi être contractée subitement en un onglet et être ainsi comme incisée Ce mode est fréquent aussi (P. du Cap, P. de la section des *Hebecarpa*, etc.). Chez *P. Phlebotœnia* la carène qui est libre d'adhérence avec le tube staminal, est trilobée : le lobe supérieur médian qui compose lui-même presque la totalité de la carène et deux petits lobes latéraux, courts et ovales. Chez *Xanthophyllum*, la carène est aussi libre ou à peu près; elle est soudée seulement à sa base par un onglet très court chez beaucoup de Polygala, ou par un onglet plus long et sensiblement dilaté chez *P. Chamaebuxus*, *P. vulgaris*, *P. Nana*, *P. Lutea*, etc. Chez *Securidaca* elle est moyennement soudée; il en est de même chez Salomonia.

La carène peut être indivise, émarginée, ou subtrilobée. Le premier cas est tout particulièrement remarquable dans les espèces voisines de *P. cymosa* Walt. Ici elle s'élargit à son sommet de façon à former un toit horizontal et tronqué à son bord libre (v. fig.). Le plus souvent cet élargissement apical n'a pas lieu et le limbe va diminuant et descendant du sommet vers la base sans former le plateau que je viens d'indiquer pour *P. cymosa.* Chez les espèces qui appartiennent à la section Hebecarpa la carène n'est pas lobée comme l'a cru St-Hilaire mais simplement plissée à son sommet en 3 pièces dont la principale est la moyenne. La marge est cependant entière (*P. macradenia* v. fig.). Elle peut devenir trilobée chez *P. violioides* où le lobe moyen est plus petit et les lobes latéraux larges et subitement atténués en un onglet allongé et mince (v. fig.). Le plus souvent la carène est un peu émarginée au sommet.

Dans la plupart des cas elle est glabre et n'est guère colorée vivement qu'à sa partie supérieure. Quelquefois elle est ciliée sur les bords de l'onglet. Ce n'est guère que chez quelques plantes du groupe *Hebecarpa* que la partie dorsale est légèrement ciliée.

On sait que le plan primitif de la corolle est pentamère : il est rare cependant de le trouver développé à l'âge adulte.

A ce point de vue, *Xantohphyllum* est le genre le plus régulier. Il y a cinq pétales à peu près égaux : les deux latéraux opposés à la troisième étamine (v. sub. etam.) sont les plus extérieurs (*X. vitellinum*), ils sont ovales, à nervures parallèles, nombreuses, et ne sont point soudés à leur base avec une étamine; les deux autres (supérieurs) sont plus étroits et linguiformes : ils portent sur leur base épaissie, une étamine à base élargie. Le pétale inférieur est cuculliforme mais dépourvu d'onglet. (*X. Beccarinum* Nob.)

Chez *Carpolobia* (alba Don.) les 5 pétales sont aussi parfaitement développés. La carène sans crête est longuement unguiculée et soudée sur un assez long parcours avec le tube staminal. Les pétales latéraux sont soudés sur la moitié de leur longueur avec le tube staminal : ils

sont longuement unguiculés, leur limbe est elliptique et ils atteignent en longueur la carène. Les pétales supérieurs sont subfalciformes et tout aussi longs.

Chez *Moutabea* (Guyanensis) les sépales et les pétales au nombre de 5 forment avec le tube staminal un tube parfait égalant la longueur du limbe des pétales. Le tube, c'est-à-dire l'adhérence des pétales entre eux et le tube staminal se prolonge plus sur la partie antérieure que sur la face postérieure. Le limbe libre du pétale antérieur (carène) est un peu cuculliforme; il est donc conforme au plan général de la famille, les deux latéraux sont plus petits, c'est-à-dire moins larges. Les postérieurs sont à peine plus longs et sublinéaires. Tous sont plus ou moins charnus et paraissent glabres.

Si nous en exceptons les genres qui précèdent, chez les autres Polygalacées il y a évidemment tendance à la suppression des pétales latéraux. Lorsqu'ils existent c'est toujours à l'état rudimentaire et leur présence n'est pas constante pour une espèce. Je n'en ai jusqu'à présent pas constaté chez *Muraltia*. On les voit chez *Mundtia* quelquefois sous forme d'écailles très petites insérés à la base de la troisième étamine. Chez *Monnina* qui a la carène plus ou moins libre, les pétales latéraux prennent aussi la forme d'une petite écaille insérée sur le faisceau fibrovasculaire correspondant à la troisième étamine, tandis que les pétales supérieurs sont longuement adhérents au tube staminal. Chez *Comesperma* ils manquent ordinairement, on les retrouve chez quelques Bredemeyera (*B. floribunda*) où ils atteignent quelquefois un assez grand développement (v. fig.). Ils peuvent exister ou manquer chez Securidaca. Il en est de même pour Polygala. Le nombre d'espèces où je les ai trouvés dans ce genre est très considérable. Ils restent ordinairement fort petits, squamiformes (*P. oppositifolia*, *P. oxycoccos*, *P. irregularis*, *P. Decaisnei*, *P. abyssinica*, *P. Hohenhakeri*, *P. subuniflora* Boissier, charmante et rarissime espèce du Styx tout particulièrement intéressante à ce point de vue; ici les pétales latéraux sont lancéolés, ils atteignent la moitié de la longueur du

tube staminal et sont parfaitement pétaloïdes. La même chose se remarque chez *P. obovata* St-Hil. (v. fig.). Je ne les ai jamais rencontrés chez aucune espèce de la section Chamæbuxus. Chez toutes les autres espèces où on les trouve ils sont arrondis et obtus et toujours situés en opposition avec le faisceau fibrovasculaire correspondant à la troisième étamine.

J'ai aussi observé ces pétales chez *P. vulgaris* var. comosa, où leur présence était tout à fait accidentelle (v. Chodat *in Arch. d. sc.;* 1889. Observ. tératologiques).

St-Hilaire, Grisebach, M. W. Bennet admettent je ne sais pour quelle raison que chez Monnina les pétales développés qui sont soudés sur la moitié de leur longueur avec le tube staminal sont les pétales latéraux.

Ils auraient pu éviter cette erreur sans peine, s'ils avaient consulté les excellentes planches de Kunth dans Nov. Gen. V. En effet nous voyons que déjà alors le dessinateur avait remarqué les deux pétales latéraux squamiformes sur la base du faisceau fibro-vasculaire de la troisième étamine. Ceux-ci sont beaucoup plus petits que les pétales supérieurs.

En outre la position des uns et des autres par rapport au tube staminal ne laisse aucun doute à cet égard. L'histoire du développement vient d'ailleurs confirmer ma manière de voir, car en suivant la genèse des organes chez Monnina, on peut se convaincre que les pétales latéraux formés restent rudimentaires, tandis que seuls les supérieurs et l'antérieur se développent.

Les pétales supérieurs.

Ceux-ci sont toujours développés et adhèrent toujours plus ou moins au tube staminal ou à une étamine. Même chez *Xanthophyllum* où les étamines ne forment point de tube, ces pétales adhèrent chacun à une étamine. Leur forme et leur adhérence varient beaucoup. Tantôt ils ne

sont soudés que par leur base (*P. Phlebotænia*, la plupart des P. américains), tantôt par les trois quarts de leur longueur (P. du groupe *Chamæbuxus*, *P. vulgaris*, *Monnina, Bredemeyera,* etc.).

Leur forme est souvent très constante pour les différents groupes. Ainsi ils sont largement triangulaires chez les espèces qui se groupent autour du *P. Chinensis* L. et de *P. Huillensis*, irrégulièrement sinués chez ceux qui se rapprochent de *P. persicariæfolia* DC, profondément bifides chez *P. oppositifolia*, *P. peduncularis* Burch, *P. Lehmanniana,* etc.

Chez la plupart des espèces américaines leur forme varie de linéaire à lancéolée, d'ovale à obovale, etc. Ici cette forme n'a plus qu'une valeur spécifique.

Dans les groupes que j'ai cités la forme des pétales supérieurs marche toujours de pair avec d'autres caractères de première importance. Leur limbe est le plus souvent vivement coloré et comme ils se recouvrent par leurs bords, ils ferment, en vertu de leur turgescence, l'entrée de la corolle. Souvent ils sont poilus sur leur marge inférieure et leur face intérieure (inférieure).

Chez les espèces voisines de *P. Chamæbuxus* (*P. Vayredæ, P. Munbyana*, *P. Balansæ, P. Webbiana*), les pétales supérieurs présentent à leur marge non soudée, intérieurement, un épaississement qu'il ne faudrait pas prendre pour une duplicature soudée, car cet épaississement est congénital. Cette zone épaissie ne se retrouve pas chez les espèces américaines et asiatiques de ce groupe.

Par les considérations qui précèdent on a pu voir que dans la famille des Polygalacées il y a au point de vue des pétales deux groupes principaux : le premier représenté par Moutabea avec sa corolle gamopétale tubuleuse, le second par les autres genres. On a pu voir aussi que les pétales latéraux conservés dans le type primitif de *Xanthophyllum* tendent à disparaître dans les autres genres (except. *Carpolobia*), tandis que les pétales supérieurs existent toujours et sont toujours ± soudés au tube staminal ou à une étamine. On pourrait multiplier beaucoup les citations des particularités de la corolle. Le lecteur s'orientera facile-

ment en examinant le grand nombre d'analyses florales représenté dans les planches.

Dans ces dernières j'ai toujours représenté les pétales supérieurs détachés; pour savoir dans quelle mesure ils sont soudés au tube staminal, il faudra consulter le texte descriptif.

L'androcée.

J'ai dit que les étamines apparaissent en deux temps; chaque verticille est formé de quatre parties. Au début leur accroissement par multiplication cellulaire est très actif : elles dépassent rapidement les pétales supérieurs et paraissent alors ne former qu'un verticille ou mieux deux séries semi-circulaires de chaque côté de la ligne médiane. Leur forme, leur soudure, voir même leur constitution varie beaucoup, d'un genre à un autre, d'une espèce à une autre espèce.

P. vulgaris : Les anthères se développent bien avant les filets. Alors qu'elle n'a pas encore dépassé les pétales supérieurs, la jeune anthère est formée de tissu embryonnaire non différencié. Une coupe longitudinale faite à ce moment-là, montre qu'elle est constituée par des cellules quadrangulaires ou trapézoïdes, dont le plus grand côté est dirigé vers l'extérieur et disposée semi-circulairement en plusieurs couches autour d'un noyau central formé par une ou plusieurs cellules. Les cellules de l'extérieur sont plus aplaties. Elles constituent le dermatogène de la jeune anthère. Il ne se divisera plus que par des cloisons radiales. Dès ce moment l'accroissement se fait surtout en longueur. L'anthère prend alors une forme d'ellipsoïde allongé. Une coupe longitudinale faite à ce moment nous montre que la différenciation s'est déjà faite : En effet on remarque un épiderme à cellules aplaties, à contenu granuleux. Au-dessus de l'épiderme une seconde couche de cellules plus grosses hyalines, et une troisième formée par de grandes cellules, les unes simples, les autres divisées en deux par une paroi verticale. Le milieu de l'anthère est occupé par un tissu de cellules petites, nombreuses et allongées

suivant l'axe de l'étamine, tissu qui s'épanouit au sommet où il devient plus large. Les grandes cellules hyalines de chaque côté de l'anthère donneront naissance aux cellules mères du pollen. Le tissu moyen formera la cloison entre les deux loges en même temps que le faisceau fibrovasculaire. On n'y voit pas encore de pollen.

A cette époque ou un peu plus tard si on pratique des coupes transversales d'étamines, on verra que les cellules mères du pollen sont disposées en deux groupes. Elles ont leur paroi fortement épaissie et plus ou moins gélifiée. Un peu plus tard chacune contient quatre cellules filles disposées en tétraèdre. Ces cellules filles sont les grains polliniques.

Dans la suite ces cellules deviennent libres par destruction des cellules mères, et la paroi qui sépare les deux logettes se résorbant en partie, l'anthère devient uniloculaire. La partie de la cloison qui regarde le centre de la fleur est résorbée en premier lieu, la moitié dorsale persiste encore pendant longtemps. Un peu plus tard on voit qu'il s'est formé au-dessous de l'épiderme une couche de cellules fibreuses qui amènent la déhiscence de l'anthère. Celle-ci se fait par la rupture des cellules antérieures au sommet de l'anthère qui apparaît alors comme une petite urne plus ouverte du côté interne que de l'autre. Pendant ce temps les étamines sessiles jusqu'au moment où se sont formées les cellules mères du pollen, s'élèvent concurremment avec les pétales, au moyen d'un tissu intercalaire qui peut se développer plus ou moins avec les pétales et ne se sépare de ceux-ci qu'à une certaine hauteur. Ce tissu ne se forme pas entre les deux étamines supérieures; ceci donne lieu à un tube fendu en arrière et portant sur son bord supérieur les anthères sessiles. Les anthères sont légèrement stipitées dans leur jeunesse chez P. amara v. amarella, mais finissent par paraître sessiles à cause de leur grand accroissement.

P. Chamæbuxus L. Quand on examine une étamine encore jeune de *P. Chamæbuxus*, *P. Balansæ*, *P. Vayredæ*, *P. Munbiana*, *P. Webbiana* ou même *P. floribunda* Benth. qui n'appartient pas au même groupe,

on remarque un bourrelet longitudinal médian, sur sa face intérieure. Ce bourrelet qui commence à la base de l'anthère n'atteint pas son sommet mais s'arrête quelque peu au-dessous. Le dos de l'anthère est traversé par un sillon longitudinal correspondant au bourrelet antérieur.

Des coupes transversales pratiquées à travers de jeunes anthères nous montrent une section triangulaire : un des angles (celui qui correspond au bourrelet) est dirigé vers le centre de la fleur, les deux autres sont latéraux.

On remarque sur cette coupe une couche épidermique à cellules aplaties, sans stomates, entourant un parenchyme à cellules polyédriques, disposées en plusieurs couches.

Les cellules de l'épiderme ont leurs parois assez fortement épaissies vers l'extérieur. Au-dessous de ce parenchyme on remarque dans chaque angle de la coupe un petit groupe de grosses cellules au nombre de 3 à 5 disposées d'une manière plus ou moins variable (v. fig. 1 et 2, tab. VII). Ces cellules ont des parois gélifiées, fortement épaissies; leur protoplasme très réfringent est fortement granuleux. Quelquefois elles sont disposées en arc parallèle à la surface de l'anthère, sur un seul rang. Elles se dédoublent par des périclines en formant deux couches superposées. Dès ce moment la division de ces cellules se fait activement et l'on a en définitive trois groupes de cellules assez nombreuses dont la réfringence très grande et la grandeur les distingue à première vue des autres cellules du parenchyme de l'anthère (v. fig. 2). Tandis que chez *P. vulgaris* L. il n'y a que deux groupes de cellules mères, chez *P. Chamæbuxus* L. il y en a trois. Une coupe pratiquée à la base de l'anthère n'en montre que deux. Ceci vient expliquer pourquoi le bourrelet ventral ne s'étend pas jusqu'à la base de l'anthère. Il correspond à la troisième logette de l'anthère. Au milieu d'une coupe d'anthère de *P. Chamæbuxus* on remarque aussi le faisceau fibro-vasculaire unique assez rapproché de la logette antérieure. Chez *P. Chamæbuxus* comme chez *P. vulgaris* les cellules fibreuses se forment au moyen de la couche sous-épidermique. Les épaississements se réunissent en étoile au centre de la paroi

péricline extérieure, et viennent converger vers le centre de l'anthère. Dans la suite du développement, les cellules entre la couche fibreuse et les cellules mères sont résorbées et on voit apparaître à leur place des gouttes huileuses ou résineuses. Les cellules mères, ayant donné naissance aux grains polliniques comme je l'indique dans le chapitre suivant, sont aussi détruites en même temps que le parenchyme qui sépare les deux groupes latéraux de la logette impaire, tandis que le reste du parenchyme entre les deux logettes latérales avec le faisceau fibro-vasculaire persiste. L'anthère est devenue uniloculaire. La déhiscence se fait au moyen des cellules fibreuses principalement développées à la face antérieure de l'anthère. Cette déhiscence a lieu par une fente semi-circulaire occupant le sommet arrondi du bourrelet. La fente se prolongeant de chaque côté le long du bourrelet, l'anthère mûre prend l'apparence d'une gueule bilabiée.

Ordinairement les anthères sont d'égale grosseur : elles sont ovoïdes ou elliptiques et ordinairement glabres. Elles entourent le stigmate sur lequel ou dans lequel elles déversent leur pollen. Le nombre 8 est le plus constant : il est typique pour les genres *Polygala*, *Securidaca*, *Monnina*, *Bredemeyera*, *Xanthophyllum* et *Moutabea*. Il peut cependant être modifié par l'adjonction ou la suppression d'étamines supplémentaires. J'ai rencontré assez souvent dans P. Chamæbuxus une neuvième étamine opposée à la carène; elle était parfaitement semblable aux autres. J'ai trouvé aussi mais beaucoup plus rarement une dixième étamine opposée au sépale impair supérieur. Les fleurs où j'ai trouvé cette dixième étamine étaient encore relativement jeunes et le tissu intercalaire n'avait pas encore soulevé l'androcée. Je ne puis donc dire quelle aurait été son adhérence définitive avec les autres. Aurait-elle été libre devant la fente staminale à la façon de la dixième chez les Papilionacées? J'ai décrit dans mes observations tératologiques deux cas principaux de *Polygala* décandres. Dans l'un des cas il s'était formé un tube staminal comprenant 10 faisceaux et complètement formé. A ce tube étaient soudés les deux pétales supérieurs. Nous avons peut-être ici une indication de ce que serait l'androcée s'il était complet.

Chez *P. subuniflora* Boiss. le nombre des étamines peut monter à 9, la neuvième étant opposée à la carène. Chez *P. subtilis* H. B. K. du Brésil le nombre est de 6 ordinairement. Ici ce sont les deux étamines antérieures épisépales qui sont supprimées, ainsi que j'ai pu m'en assurer par le développement. En outre en séparant les organes floraux on s'aperçoit que les étamines sont en deux phalanges très distinctes, ce qui vient confirmer mon observation.

Chez *P. rarifolia* DC et *P. acicularis* Oliver, plantes africaines très voisines, le nombre des anthères n'est aussi que de 6 : les deux filaments intérieurs sont stériles et se sont transformés en languette glabre chez le premier, poilues chez le second. La suppression quand elle existe semble donc affecter tout spécialement ces deux étamines[1].

Chez *Muraltia* leur nombre descend à 7. J'ai déjà indiqué plus haut quelles sont les étamines conservées dans le plan décamère. Il en est de même chez *Mundtia*. *Carpolobia* fait une exception car il possède 5 étamines et tout fait supposer que ces 5 sont les mêmes que celles de Muraltia avec suppression des deux épisépales antérieurs qui manquent aussi chez *P. subtilis*. *Carpolobia* serait donc un intermédiaire entre le cas de P. subtilis et celui des *Muraltia*. Chez *Salomonia* le nombre descend à 4 (quelquefois 5).

Les anthères peuvent être sessiles sur le tube staminal ou posséder des filets plus ou moins allongés. Cette différence est importante à constater au point de vue de la délimitation des sous-groupes, car elle va toujours de pair avec d'autres caractères de première importance. Dans le groupe du P. vulgaris les anthères sont sessiles, il en est de même pour celles du groupe du *P. Japonica*. Elles sont longuement stipitées chez *P. Chamæbuxus* et ses proches.

Les anthères sont quelquefois poilues (*P. Hohenhackeri*, *P. papilionacea* Boiss.). Chez *P. Oxycoccos* Chod. les poils épars sont très longs, étalés et droits.

[1] Ici il n'y a avortement que des anthères, tandis que chez certains Monnina ces deux étamines sont complètement supprimées, les faisceaux mêmes ont disparu.

P. Hohenhackeri et *P. papilionacea* Boiss. ont les anthères très inégales : les deux intérieures sont du double plus grandes que les autres; elles sont excessivement poilues surtout à leur partie dorsale et disparaissent presque dans cette chevelure; les autres le sont moins, elles augmentent de grandeur du centre vers l'extérieur. La seconde est cependant plus grande que l'extérieure J'appelle pour plus de commodité les étamines antérieures opposées aux sépales antérieurs, étamines intérieures ou quatrième étamine; les étamines les plus externes du tube staminal seront les premières et ainsi de suite deuxièmes, troisièmes, quatrièmes en remontant vers la partie moyenne du tube. Ceci dit pour éviter toute confusion.

Nous avons dit que le tube staminal se forme bien après les anthères : sa croissance étant maximum à la base et les cellules supérieures subissant un allongement considérable, il finit par former un cône allongé ou un entonnoir renversé, fendu du côté de l'axe. Entraîné par la carène qui l'entoure de toute part il subit une déviation par laquelle il est plus ou moins déjeté vers la partie opposée à l'axe. Dans la plupart des cas il se moule complètement sur la carène et entoure de toute part le style qu'il emmène avec lui, lui faisant subir une déviation correspondant à la sienne. Par ses bords il se soude toujours plus ou moins obliquement avec une partie des pétales supérieurs et avec les pétales latéraux (quand ils existent) et la carène. Il forme ainsi avec ces trois pétales si la soudure est suffisamment prolongée, ce qui a été pris pour le tube d'une corolle gamopétale. Chez un très grand nombre d'espèces le tube staminal est poilu à l'intérieur et sur les bords. Formé par des cellules allongées, on le trouve traversé par autant de faisceaux qu'il porte d'étamines. Chez Salomonia ces trachées ne sont pas facilement visibles : les deux extérieures doivent être recherchées sur le bord extrême du tube, ce qui les rend très peu apparentes.

Le tube staminal peut affecter une diadelphie très marquée chez *Comesperma* (*Bredemeyera* australiens), souvent moins marquée chez *Polygala,* et les Bredemeyera américains. La monadelphie est complète chez *Monnina.*

Les filaments des étamines ne sont pas soudés en tube chez *Xanthophyllum* (v. fig. 16, tab. IX) : les deux étamines supérieures ont leur filet (*X. vitellinum*) élargi à la base et soudé sur une partie de sa longueur aux pétales supérieurs; les autres six étamines sont plus petites et leur filet est moins élargi à la base. Les anthères de *Xanthophyllum* quoique fort différentes de celles des autres Polygalacées, s'en rapprochent cependant par l'intermédiaire de *P. Badiera* (Bad. Domingensis) arbrisseau des Antilles à fleurs petites, verdâtres. Elles sont cunéiformes, élargies à la base et plus ou moins couvertes de poils.

Un connectif assez développé sépare les deux loges; c'est surtout à la base que la séparation est le plus marquée. Chez *Moutabea* (v. fig. 17, tab. IX) les anthères sont comme celles du gros de la famille : elles sont sessiles sur le tube staminal qui est fendu à l'arrière.

La déhiscence des anthères a été souvent décrite comme étant apicale et se faisant par un pore. J'ai déjà décrit ce phénomène pour *P. Chamæbuxus* et j'ai montré qu'il se fait par une ligne semi-circulaire à la partie supérieure et interne. Elle n'a donc pas lieu par un pore, mais par une fente qui détache une valvule à la partie antérieure et donne à l'anthère vue de côté, l'aspect d'une gueule bilabiée et béante, dont la lèvre supérieure est plus longue que la lèvre inférieure. La cloison incomplète qui persiste chez P. Chamæbuxus, se retrouve dans un grand nombre de cas. Chez *Securidaca* elle est encore presque complète. Chez *Moutabea* cette cloison disparaît de bonne heure. Souvent les bords de la lèvre inférieure se dissocient en même temps que la cloison disparaît : alors en effet la déhiscence paraît s'être faite par un pore terminal et l'anthère à peu près vide apparaît comme une petite corne évasée au sommet. C'est le cas le plus fréquent. Chez Moutabea la valvule antérieure est complètement détruite et finalement il ne reste plus que la paroi dorsale avec le rudiment médian de la cloison. Il en est de même pour Salomonia, mais ici la cloison n'existe plus du tout à l'époque de l'anthèse. Les anthères des Polygalacées avec leur fausse déhiscence apicale par pore, ressemblent à celles des Éricacées, Pyrolacées, Mélas-

tomacées, mais en diffèrent par la formation d'un mesothecium à cellules fibreuses qui manquent aux familles précitées.

Quelques Polygalacées ont des anthères à 3 logettes (P. Chamæbuxus et esp. voisines) Je ne connais pas d'autre exemple de ce fait sinon celui de Pachystemon Wigtht (Euphorb. in DC Prodr. anot. J. Müller).

Pollen.

J'ai décrit dans le chapitre précédent la constitution de l'androcée avec ses cellules mères du pollen. Il nous reste maintenant à examiner la formation et le développement du pollen aux dépens de ces cellules mères. Ces dernières ont comme on le sait pour d'autres plantes de familles différentes, une paroi fortement épaissie. Ici l'épaississement est souvent inégal : tantôt il se manifeste par zones minces (v. fig. 4, tab. VII), tantôt une grande partie du pourtour variant de $^1/_2$-$^2/_3$ s'épaissit, tandis que l'autre demeure mince. Quelquefois aussi on voit cette membrane présenter des plis considérables. Ceux-ci ne se forment qu'aux endroits amincis de la paroi. Si on examine ces cellules mères du pollen dans du chloral congo en écrasant de jeunes anthères dans ce liquide, on verra nettement que les parties épaissies sont stratifiées, et que le nombre des couches ainsi superposées est souvent considérable. Ces stries qui se remarquent par leur différente réfraction doivent leur origine à une inégalité d'humidité, inégalité qui tient peut-être au mode d'accroissement de cette membrane. Il est plus que probable que comme beaucoup de membranes végétales elle s'accroît par apposition et non par intussusception.

Ici la structure au point de vue optique est semblable à celle des grains d'amidon ; des couches plus aqueuses alternent avec d'autres moins aqueuses. Un fait remarquable, c'est que le rouge congo ne colore aucune partie de cette membrane. Le noyau de la cellule au contraire se colore un peu en rose pâle. Le vert méthyle acétique ne colore pas non plus la paroi tandis qu'il colore fortement le noyau en

bleu. Tout le protoplasma est fortement granuleux et le noyau est relativement petit. Il n'occupe guère que le quart de la cellule et possède un nucléole unique assez gros.

Bientôt il y a division de la masse protoplasmique en quatre portions. Malgré de nombreuses recherches je ne suis pas arrivé à poursuivre dans tous ses détails cette division qui se fait probablement par karyokynèse. J'ai observé en effet plus d'une fois des cellules mères du pollen qui venaient de se diviser. On voyait les quatre noyaux ordinairement arrangés en tétraèdres ou plus rarement sur un seul plan, encore réunis par les filaments conjonctifs et dans ces filaments, une plaque cellulaire formée par de fines granulations. Dans les cellules qui possèdent la disposition tétraédrique on voyait cette plaque cellulaire former trois branches égales et de même intensité. Il est donc très probable que le cloisonnement est simultané et qu'il n'y a pas non plus ici de bipartition successive. Ce qui est pour moi hors de doute, c'est que les noyaux ainsi formés ne se divisent pas immédiatement, ainsi que l'a démontré Guignard pour différentes plantes (v. Guignard. Développement de l'anthère et du pollen des Orchidées). Ces noyaux restent inactifs pendant quelque temps encore. Ils sont relativement petits, ovoïdes, avec un ou plusieurs nucléoles. J'ai remarqué, mais une seule fois seulement que outre les quatre masses protoplasmiques normales, il y avait encore une petite masse accessoire, ce qui portait à cinq le nombre des cellules filles. A quelle cause était due cette cellule supplémentaire? je ne saurais le dire. Il semble que durant cette division, la paroi gélifiée de la cellule mère prend un accroissement encore plus considérable, car en définitive on voit les masses protoplasmiques entourées par une zone gélifiée épaisse et striée. La plaque cellulaire entre chacune des cellules filles, elle-même se gélifie de bonne heure. On y remarque aussi les couches concentriques nombreuses qui sont caractéristiques pour l'épaississement de la paroi de la cellule mère. Dans la fig. 5 *a* et *b*, tab. VII, on voit trois des cellules filles entourées chacune par une couche épaisse et fortement réfringente de gélose; cette couche est nettement stratifiée et les zones

qui la composent ont un pouvoir réfringent différent. On voit aussi enfin que la lamelle primitive a persisté comme une ligne fine et très mince. En suivant cette ligne vers le haut de la figure on pourra s'assurer qu'elle aboutit à un méat qui sépare la paroi propre de la cellule mère de celles des cellules filles. Il est probable que l'épaississement intérieur qui s'est produit pendant la division n'est pas le résultat d'un gonflement (quellung) de la paroi primitive, mais bien plutôt une nouvelle substance issue de l'activité nouvelle du protoplasma. Ce qui semblerait parler en faveur de cette manière de voir, c'est la formation très rapide de gélose entre les jeunes cellules filles immédiatement après la division. En outre la zone extérieure, c'est-à-dire la paroi gélifiée primitive de la cellule mère est beaucoup plus réfringente que la zone spéciale des cellules filles (v. fig. 5 *b*, tab. VII). Leur forme est assez irrégulière, leur contenu finement granuleux, leur noyau assez grand et très réfringent avec un nucléole.

Peu après cette différenciation des deux zones gélifiées, on voit une partie de celle qui entoure les grains de pollen se dissoudre, de telle sorte que ceux-ci qui sont encore entourés par une membrane mince, dernier vestige de l'épaississement, sont libres dans le suc cellulaire incolore (fig. 3, tab. VII). En faisant agir sur ces cellules le chloral congo, aucune partie de la paroi ne se colore si on n'emploie qu'une solution faible. Ceci montre bien qu'à ce moment la paroi propre du grain de pollen n'est nullement formée. On voit cependant déjà maintenant à l'intérieur de ces membranes spéciales, le protoplasma présenter un pourtour obtusément dentelé, qui est la première indication de la membrane future du pollen. Peu après la membrane spéciale se dissout aussi et les quatre masses protoplasmiques nues se trouvent libres dans la cellule mère qui a déjà beaucoup perdu de son épaisseur. Cette dernière persiste encore longtemps et les grains polliniques se nourrissant aux dépens des membranes gélifiées dissoutes augmentent rapidement de volume (fig. 3, tab. VII).

On voit apparaître alors la membrane comme un fin liseré autour du protoplasma; elle ne se laisse primitivement pas colorer par le rouge congo chloral; plus tard elle se colore même avec intensité.

Dès ce moment la paroi du grain pollinique s'épaissit fortement et en même temps se différencie en deux couches, l'une extérieure plus mince cellulosique, c'est-à-dire se colorant facilement par le congochloral-chysoïdine, l'autre intérieure plus épaisse à couches concentriques nombreuses, se colorant en jaune avec le réactif genevois.

Cette formation de cutine à l'intérieur de la paroi pollinique est très singulière; elle se manifeste déjà très tôt et envahit peu à peu la couche extérieure cellulosique dans les parties qui correspondent aux côtes extérieures, tandis que dans les vallécules cette couche demeure à l'état de cellulose pure (fig. 9, tab. VII).

On voit ce phénomène indiqué dans les fig. (v. fig. 9, tab. VII) qui représentent la partie cutinisée en foncé. Nous examinons plus tard plus en détail la structure et le développement de cette membrane.

Pendant ce temps ce protoplasma et le noyau ont subi des modifications importantes.

Primitivement le noyau qui occupait le centre de la cellule pollinique, était ovale et passablement gros. A cet état le grain de pollen était encore contenu avec trois autres dans la cellule mère. Cette dernière est finalement résorbée et l'on voit apparaître dans le sac pollinique où nagent librement les grains polliniques, un mucilage avec des granulations huileuses ou résineuses jaunes. Ces granulations manquent alors complètement dans la cellule pollinique.

C'est à ce moment qu'on voit le noyau ovale s'allonger, devenir elliptique et biscuitiforme (fig. 10, tab. VII), puis finalement se diviser en deux par fractionnement et non pas par karyokynèse (fig. 11). Chacun des nouveaux noyaux possède un nucléole assez gros. Ces deux noyaux sont immergés dans le protoplasma commun. Peu après leur séparation ils divergent considérablement ou tout au moins se séparent nettement en entraînant avec eux deux portions de protoplasma distinctes, mais très inégales en volume. La plus petite s'applique toujours contre l'un des pôles du grain pollinique et se sépare par une mince cloison en forme de verre de montre du reste du plasma du grain pollinique (fig. 13, tab. VII).

La formation de cette paroi n'a lieu que tardivement, car on rencontre souvent des grains polliniques dont les noyaux sont déjà aux deux pôles et qui ne se sont pas encore entourés de protoplasma propre. On peut facilement s'en assurer en employant une solution de chloral qui amène une légère plasmolyse. Dans ces grains polliniques le protoplasma contracté tout entier contient les deux noyaux et aucune membrane de séparation n'est visible. En général il existe à ce moment une grande vacuole centrale dans laquelle on peut constater quelques globules huileux. Ceux-ci peuvent aussi exister en dehors du protoplasma pariétal, ainsi qu'on peut s'en assurer par la plasmolyse.

Lorsque la membrane s'est formée autour de la petite portion protoplasmique, la plasmolyse ne peut plus la séparer de la membrane pollinique.

La petite cellule ainsi formée contient un noyau qui est ordinairement allongé et possède un nucléole ou n'en possède point.

La position du grand noyau appartenant au protoplasma principal du grain pollinique peut varier. Généralement, il est à l'opposé du petit noyau; il peut cependant s'en rapprocher et lui être alors tout à fait contigu. Je nomme ce noyau principal, grand noyau, parce qu'il augmente considérablement de volume après sa séparation d'avec l'autre et qu'il atteint jusqu'à deux fois le diamètre du précédent.

Quelle part ont ces deux cellules dans la fécondation; lequel des deux noyaux passe dans le tube pollinique, c'est ce que mes recherches sur le pollen développé ne m'ont pas permis de déterminer.

Lorsque les grains polliniques sont arrivés à maturité on ne distingue dans leur protoplasma fortement huileux aucun noyau délimité.

Il est très probable au moins, en se basant sur des analogies, que seule la grande cellule prend part à la formation du tube pollinique, tandis que la petite est résorbée ou détruite.

Ces recherches sur la bipartition nucléaire dans le grain de pollen ont été faites sur des anthères jeunes, fraîches, écrasées dans une solution de chloral vert méthyle acétique. Ce réactif est très éclaircissant, et fixe les noyaux en même temps qu'il les colore.

Pendant que se passent ces modifications dans l'intérieur du grain, sa paroi se différencie et s'épaissit.

Les jeunes grains sortis des cellules mères spéciales, présentent déjà un contour dentelé, c'est-à-dire apparaissent en coupe transversale optique comme une roue obtusément dentée (fig. 3, tab. VII). La paroi à ce moment est encore complètement cellulosique. J'ai employé pour ces recherches le réactif genevois additionné de chloral dans la proportion $^{1}/_{5}$.

A mesure que le grain pollinique grandit on voit sa paroi se différencier en deux couches de nature chimique distinctes. En effet notre réactif colore l'intérieure en jaune vif, tandis qu'il donne à l'extérieure une teinte d'un beau rouge. Si au lieu de ce réactif on emploie une solution concentrée de vert méthyle on verra que la zone extérieure ne se colore pas, tandis que l'intérieure absorbe avec intensité cette magnifique couleur (fig. 9, tab. VII).

Les couleurs d'aniline sont aussi facilement fixées par cette couche interne, fait qui me porte à lui attribuer une constitution qui doit se rapprocher de celle de la cellulose cutinisée. Cette modification de la cellulose a comme on le sait la propriété de fixer les couleurs d'aniline et d'être indifférente au rouge congo.

Si au lieu d'examiner le grain pollinique en coupe transversale, on le considère en coupe longitudinale, on pourra voir la distribution de ces deux éléments : cutine et cellulose pure dans la membrane. On verra en effet que la zone moyenne équatoriale n'est pas cutinisée et que la cutine forme à partir du pôle des bandes allant s'épaississant vers l'équateur. Les deux bandes de cutine de chaque côté sont aussi séparées par un isthme de cellulose pure (fig. 14, *a*, *b*, *c*, tab. VII).

Plus tard la couche extérieure cellulosique s'incruste aussi de cutine, vis-à-vis des épaississements, comme on peut le voir en examinant dans le réactif genevois en coupe transversale optique des grains polliniques plus avancés.

Une coupe optique longitudinale d'un grain semblable, montre cependant que la zone équatoriale n'a pas subi d'altération chimique, car elle est encore maintenant colorée en rouge par le congo.

C'est à ce moment que se dessinent nettement les bandes d'épaississement de la paroi du grain pollinique. On sait depuis longtemps déjà que le pollen des Polygala possède une structure particulière consistant en épaississements longitudinaux, qui sous forme de bandes vont d'un pôle à l'autre de la cellule. On sait aussi que ces bandes qui peuvent être plus ou moins nombreuses sont séparées par des bandes plus minces et que les unes et les autres sont interrompues par une bande unique équatoriale. Cette structure donne ainsi au grain pollinique l'apparence d'un tonneau avec ses douves : Examiné en coupe optique transversale le grain pollinique apparaît comme une roue, à contour intérieur parfaitement circulaire, à contour extérieur obtusément, mais régulièrement denté.

Le diamètre longitudinal excède un peu le diamètre équatorial, ce qui donne au grain une forme ellipsoïdale. Il est difficile au premier abord de déterminer la nature de la bande équatoriale. Tantôt il semble qu'elle constitue une proéminence, tantôt elle apparaît comme une zone d'amincissement. On peut au moyen des réactifs déterminer qu'elle est complètement cellulosique, comme les bandes minces longitudinales. Dans un grain traité par le rouge congo, on voit les bandes d'épaississement converger vers les pôles et se confondre près du sommet en une zone commune aussi cutinisée (donc incolore) et interrompue par quelques grosses ponctuations (v. fig. 17, tab. VII). En employant le vert méthyle les ponctuations demeureront incolores, les bandes et la zone apicale se coloreront d'une manière intense.

L'examen des grains polliniques de P. Chamæbuxus dans l'acide phénique concentré est très instructif. Ce réactif fait ressortir avec netteté les détails de la membrane. On voit par les fig. 10-12, tab. VII qui sont faites d'après des grains traités par l'acide phénique que l'épaississement total minimum se trouve aux deux pôles, et qu'il va en augmentant à mesure qu'il se rapproche de l'équateur où il subit une dépression plus ou moins considérable. Des deux côtés de cette dépression il présente un léger relèvement (v. fig. 14 *a*), ce qui accentue plus encore la dépression

équatoriale. Celle-ci peut disparaître et être remplacée par une éminence, due évidemment à une gélification de la cellulose qui la forme, c'est ce qui se voit dans la fig. 14 *c* et *b* (tab. VII).

A l'état primitif il y a donc réellement une dépression équatoriale qui disparaît pour faire place à un exhaussement correspondant dû à la gélification de cette partie.

Cette structure disparaît rapidement si on examine des grains polliniques dans de l'eau. Sous l'influence de la tension intérieure toute la surface du grain est égalisée. Elle est très nettement accusée dans des grains d'âge moyen ; ceux qui sont mûrs sont plus turgescents et présentent cette sculpture avec moins d'intensité.

Le pollen de P. vulgaris est en tous points semblable à celui que je viens de décrire mais plus petit.

Cette forme dans ses traits généraux est caractéristique pour toute la famille. On peut dire que cette sculpture en constitue le caractère distinctif par excellence. Elle ne manque chez aucun genre.

Le nombre des bandes qu'on peut déterminer par celui des dents qu'elles dessinent sur la coupe optique transversale varie non seulement d'un genre à un autre genre, mais d'une espèce à l'autre.

10 chez *P. vulgaris* L., elles sont 16 chez *P. Chamæbuxus*, quelquefois 12, 21-23 chez *P. myrtifolia*, 15 chez quelques *Monnina*, 12 chez quelques *Comesperma*, 12 chez *Moutabea*, 8 chez *Xanthophyllum vitellinum*.

Les bandes d'épaississement sont fort épaisses et larges chez Xanthophyllum, et ne sont séparées que par une faible rainure (v. fig.).

La zone équatoriale est fortement proéminente chez Salomonia, ce qui donne au pollen la forme d'un double cône.

La germination paraît se faire suivant deux modes différents. Le premier, le plus commun est représenté par les fig. 15 *a* et *b*, tab. VII : On voit que le protoplasma a déchiré la zone équatoriale en un point quelconque et qu'il pousse un prolongement vermiforme. Je n'ai pas constaté de noyau dans ce tube germinatif. Ces dessins

ont été faits d'après des grains de pollen ayant germé dans une solution sucrée.

J'ai aussi observé une germination par l'un des pôles (P. vulgaris) et Griffith dans ses Notul. ad. P. Asiat. 1854, IV, représente un grain de Xanthophyllum qui a poussé son tube germinatif par l'un de ses pôles.

Il est bon de remarquer que le genre *Krameria* qui a sans raison été réuni aux *Polygalacées*, ne possède pas ce pollen caractéristique, tandis qu'il ne manque jamais deux genres les plus anormaux, tels que Xanthophyllum et Moutabea. *Trigoniastrum* a un tout autre pollen.

Un autre fait digne d'attention, c'est la cutinisation si singulière de la membrane pollinique, cutinisation qui se manifeste tout d'abord dans la couche interne.

Le Disque.

Chez les Polygalacées, lorsqu'il y a formation d'un disque, c'est toujours entre le verticille intérieur des étamines et les carpelles. Il affecte les formes les plus diverses, mais sa position est constante. Or ceci sépare nettement les Polygalacées du groupe des Aesculinées Braun, auquel Eichler les réunit[1].

Pour bien savoir les modifications qu'il subit dans la série, il faut l'étudier dans son état le plus parfait, c'est-à-dire chez Xanthophyllum. Il entoure ici toute la base du gynophore et paraît au premier abord former une seule masse avec l'ovaire, car il entoure si parfaitement le gynophore que celui-ci est invisible. Sa forme est celle d'un pentagone, dont l'un des angles serait situé en arrière sur la ligne médiane, tandis que les autres seraient des deux côtés de cette ligne. Outre ces angles principaux, il se montre sillonné par des plis faisant alternance avec ceux de l'ovaire. L'angle médian postérieur est beaucoup plus développé que les autres : il s'avance bien en avant et fait presque saillie au dehors

[1] Eichl. Blüth. Diagr.

de la fleur. Ce disque charnu est entier. Les étamines sont situées en dehors de ce disque (v. fig. 1 et 2, tab. IX).

Chez *Moutabea* le disque est à peu près semblable; il est soudé complètement avec la base de l'ovaire et présente un prolongement aigu médian vers l'axe, avec une invagination comme *Xanthophyllum* (v. fig. 17, tab. IX).

Ce disque se trouve à peu près avec la même apparence chez ***P. floribunda Benth.***, la seule différence c'est qu'ici les angles sont moins aigus et l'invagination de l'angle moyen postérieur, plus prononcé, plus large.

Chez les différents *Securidaca* le disque est en forme de collerette oblique non plissée et allant s'atténuant de la partie antérieure à la partie postérieure où il s'épaissit de nouveau (v. fig. 6, tab. IX).

Chez plusieurs *Monnina* le disque est annuliforme (M. cordata, v. fig. 6, tab. IX). Quelquefois cependant il est très diminué et n'existe à la partie postérieure que sous forme d'une glande qui pourrait être prise pour le rudiment d'un carpelle avorté. St-Hilaire avait déjà signalé la nature discoïde de cette glande.

Dans le groupe Chamæbuxus on peut voir une réduction semblable à celle que nous signalons pour Monnina. En effet chez les espèces asiatiques de ce groupe, le disque qui est annuliforme ou aussi en collerette ne présente pas de plicatures ou seulement de légères ondulations. Chez ***P. Pulchra*** (v. fig. 7, tab. IX), la lame annulaire qui entoure la base de l'ovaire s'épaissit assez fortement à sa partie postérieure en formant une glande. Il en est de même chez ***P. Reinii Franch. Sav.***, ***P. Malabarica*** nob., ***P. Venenosa*** et ***P. arillata*** DC (v. fig. 10, tab. IX).

La partie annulaire s'affaiblit beaucoup chez ***P. Mannii*** (espèce africaine du même groupe), tandis que l'angle postérieur glanduliforme se développe bien.

Enfin chez nos espèces européennes et méditerranéennes la glande seule a persisté, tandis que le reste du disque a disparu (***P. Chamæbuxus***, ***P. Webbiana***, ***P. Vayredæ***, ***P. Balansæ***, etc,). Cette glande à l'état adulte se trouve à la base de l'ovaire dans la fente staminale; elle est souvent prolongée au dehors de la corolle en un éperon court, et se mon-

tre quelquefois légèrement invaginée suivant la ligne médiane (au moins sur le sec).

Elle n'apparaît que tardivement, alors que les étamines sont toutes déjà formées et l'ovaire aussi : Sa position, son analogie complète avec la glande terminant les disques annulaires des espèces précédentes, permettent de l'homologuer au disque complet dont elle ne représente que l'angle médian postérieur. Eichler a encore dernièrement émis l'opinion que cette glande serait un rudiment de la dixième étamine avortée. Son développement et l'analogie avec les autres espèces ne laisse aucun doute, quant à la nature franchement discoïde de la glande postérieure.

Chez les espèces américaines de ce groupe nous assistons à une modification assez singulière du type normal. Il semble tout d'abord qu'il n'y a pas de disque. Mais en y regardant de plus près on voit que la partie antérieure du disque est très réduite, mais que la partie moyenne et postérieure sont décurrentes sur le réceptacle, dont l'obliquité se rapproche de la verticale et viennent se terminer par une espèce d'éperon charnu, qui ne représente rien d'autre que la glande de Chamæbuxus (v. fig. 8 et 9, tab. IX).

Un disque annulaire se développe aussi chez les espèces du groupe *Ligustrina.* Les autres Polygala en sont complètement dépourvus. Il en est de même de *Bredemeyera*, *Salomonia*, etc.

La glande, rudiment du disque complet chez *P. Chamæbuxus*, est constituée par un parenchyme à cellules polyédriques sans méats et à parois cellulaires minces. Ces cellules sont petites, plus petites à mesure qu'on s'approche du centre et riches en protoplasma (fig. 1 *b*, tab. VI). Toute la glande est recouverte par un épiderme à parois épaissies et muni de stomates peu nombreux. Ces stomates dont le contour vu de face est hexagonal ont leur paroi externe cutinisée et leur épaississement maximum des deux côtés de la fente stomatique. Ce sont des stomates aquifères (st. fig. 1 *a*, tab. VII).

Ils sécrètent un liquide sucré avidement recherché par les insectes.

On voit les Bourdons au premier printemps visiter les *P. Chamæbuxus* pour leur nectar. Comme la fleur est fermée et difficile à ouvrir à cause des épaississements dus à la fausse duplicature des pétales, on les voit pratiquer un trou dans ces pétales un peu au-dessus de la glande.

Le pistil.

Les deux feuilles carpellaires se soudent peu après leur première apparition. On les voit alors (P. vulgaris L.) former un bourrelet elliptique composé de cellules embryonnaires. Il entoure l'axe arrondi qu'il finit par dépasser bientôt, et constitue alors une petite cupule, au centre de laquelle s'élève un petit cône que je considère comme le prolongement de l'axe. A ce moment, il devient un peu ventru à sa base en s'élargissant, tandis que sa partie supérieure reste amincie et même légèrement étranglée au-dessous du sommet. C'est la première différenciation en ovaire et en stigmates. En même temps l'axe a donné naissance de chaque côté dans la médiane à un petit mamelon arrondi légèrement ascendant. L'ovaire est alors rempli presque complètement par l'axe et les mamelons qui sont les premières ébauches des ovules; il est encore béant à son sommet. Bientôt il devient plus ventru et la cavité intérieure augmente, tandis que l'étranglement supérieur devient plus marqué. La partie supérieure des carpelles soude ses deux bords repliés, qui deviennent de chaque côté de l'ovaire des lobes plus ou moins réfractés (v. fig. 18, tab. VIII). Ce sont les deux stigmates qui iront en se développant dans la suite; ils sont maintenant de même forme et de même grandeur.

Il convient avant de poursuivre le développement subséquent de l'ovaire, de décrire la formation du nucelle et de ses téguments.

Lorsque les deux mamelons sont apparus des deux côtés de l'axe et dans la ligne médiane, ils sont légèrement ascendants. Très près du sommet du nucelle se manifeste un bourrelet circulaire horizontal qui est la première ébauche de la secondine. On voit aussi à ce moment se

dessiner la première différenciation du funicule. L'ovule est nettement séparé de la colonne qui le porte (v. fig. 7, tab. VI). Le second bourrelet circulaire apparaît peu après. Ces bourrelets ont les bords arrondis. Le second ne dépasse pas beaucoup le premier en largeur et à cette époque il n'y a entre eux que la hauteur différente d'*insertion*. Le premier bourrelet s'accroît rapidement et finit par surplomber le nucelle. Peu après la secondine est dépassée par la primine extérieure. A ce moment l'ovule avec ses enveloppes est définitivement constitué.

En poursuivant la naissance des deux ovules on voit qu'il en naît un de chaque côté du placenta central. Ce placentaire paraît être réellement axille. Les ovules seraient donc des dépendances directes de l'axe. A l'appui de cette manière de voir nous avons le fait que chaque ovule naît au milieu de la cloison dans la ligne médiane : en outre, jamais on n'a observé la formation de deux ovules sur le placenta de chaque côté de la transversale, ce qui ne manquerait pas d'arriver si le placenta central était formé par les bourgeonnements basilaires des feuilles carpellaires. Même dans le jeune âge il n'y a pas formation de deux ovules. D'autre part je n'ai pas vu les feuilles carpellaires s'invaginer vers l'intérieur à la manière de celles qui doivent donner une placentation axille. C'est l'axe de la fleur qui en s'aplatissant et s'allongeant produit la cloison placentaire.

Lorsque l'ovule est muni de ses téguments on aperçoit distinctement le funicule qui est très court et qui soutient le jeune ovule comme un manche de pipe porte la tête.

Le funicule est traversé dans toute sa longueur par un faisceau fibro-vasculaire se terminant à la base de l'ovule en s'épanouissant en chalaze de forme conique qui entoure la base du nucelle.

La secondine formée chez *P. Chamæbuxus* par deux couches superposées s'allonge au-dessus du nucelle de façon à former un bec ou mieux dit un tube micropylaire (v. fig. 2, 3, tab. VI).

La première apparition du sac embryonnaire nous est connue par les travaux de Guignard (Sac embryonnaire, Ann. sc. nat. 13, 169, Sov. XI).

Une cellule sous-épidermique du nucelle s'allonge, devient plus grande que les autres, c'est la cellule mère. Elle donne naissance à trois cellules filles. Les deux cellules de la calotte se partagent pendant que les cellules de l'épiderme du nucelle se dédoublent tangentiellement au sommet (fig. 110 Guign.). La division du noyau du sac embryonnaire (l'inférieure des trois cellules) a lieu bien avant la destruction de la calotte. Le sac embryonnaire grandit peu avant l'achèvement des divisions internes (ceci s'observe aussi chez P. Chamæbuxus), mais il atteint alors une plus grande longueur. Chez P. Chamæbuxus le sac embryonnaire est encore parfaitement elliptique et court, alors que tout l'appareil est déjà formé. Un peu plus tard le sac embryonnaire s'allonge et se rétrécit dans sa partie inférieure. Ceci s'observe aussi bien chez *P. myrtifolia* (Guign.) que chez P. Chamæbuxus. Quelquefois chez ce dernier la dilatation se fait insensiblement ou même est peu apparente (v. fig. 5, 2, 3, tab. VI).

Chez P. Chamæbuxus le sac embryonnaire est séparé du sommet du nucelle par une couche assez épaisse. Des deux côtés le tissu du nucelle est considérable, mais le sac s'avance jusque vers sa base.

L'appareil reproducteur né par la bipartition successive du noyau primaire du sac embryonnaire suivant le mode ordinaire, se compose (P. Chamæbuxus) au sommet de deux synergides assez volumineuses à protoplasma fortement granuleux, et d'une grande oosphère. Ces deux synergides sont tantôt parfaitement apicales et symétriques, tantôt disposées latéralement et obliquement. Leurs noyaux respectifs sont quelquefois indistincts, mais le plus souvent on les trouve assez gros et renfermant un nucléole très réfringent. L'oosphère est ordinairement deux fois plus grande. Ici et là elle occupe presque toute la largeur du sac mais elle est souvent plus étroite. Le noyau est très visible, il possède aussi un gros nucléole entouré par un plasma hyalin incolore. Dans l'oosphère on remarque quelques grosses vacuoles. Les deux noyaux polaires ne se confondent que tardivement en un gros noyau situé à peu près au milieu du sac. Les antipodes chez

Chamæbuxus ne se constituent que tardivement, leurs noyaux sont libres et plongés dans un protoplasma vacuolisé. Je n'ai jamais vu chez Chamæbuxus les antipodes former cellules. Il n'en est pas ainsi chez P. myrtifolia (Guignard l. c.) où les antipodes sont dans des plans différents à la base (v. l. c. fig. 114).

Le sommet du nucelle peu avant la fécondation désagrège plus ou moins ses cellules apicales (v. fig. 6, tab. VI). On les trouve alors souvent au nombre de trois ou quatre, libres dans le mycropyle formé par le bec de la secondine (v. fig. 3, tab. VI).

Pendant que dans le sac embryonnaire tout se prépare pour la fécondation, la primine forme à son sommet un véritable méristème primitif. En effet les cellules se divisent rapidement et finissent par former une calotte épaisse (v. fig. 2, tab. VI) qui recouvre complètement la secondine et le sommet de l'ovaire. Dans la région regardant le funicule la soudure des deux bords de la primine n'a pas lieu, ce qui fait que, outre l'orifice ménagé primitivement pour arriver à celui de la secondine il y a une profonde vallécule (P. Chamæbuxus).

Pendant que ces phénomènes se passent les deux stigmates (*P. vulgaris*) formés primitivement se différencient. Le stigmate postérieur continue à être défléchi : il forme à sa surface déjà de fort bonne heure des cellules papilleuses, tandis que l'antérieur se relève en formant des cellules allongées tabulaires. Ce dernier s'invagine un peu.

Les deux lobes ont déjà leur forme définitive alors même que le style ne s'est pas encore développé. Celui-ci s'allonge ensuite rapidement à mesure et autant que le développement du reste de la fleur le lui permet. Finalement il est traversé par deux faisceaux fibro-vasculaires correspondant aux faisceaux médians et dorsaux des carpelles. Ce développement comme celui de tous les styles et stigmates que j'ai examinés, ne confirme pas l'opinion de St-Hilaire qui veut que le style soit une dépendance de la cloison. Il cherche aussi (l. c.) a prouver que le stigmate des Polygala à crête doit être considéré comme quadrilobé ; nous allons voir qu'il n'en est rien.

Les différentes parties du pistil considérées isolément :

Ovaire.

Celui-ci est ordinairement biloculaire et se développe comme je viens de l'indiquer. Il faut cependant remarquer qu'un des carpelles montre ordinairement une tendance à l'avortement. Cette tendance se manifeste chez beaucoup d'espèces par une légère asymétrie des deux parties de l'ovaire. C'est toujours le carpelle postérieur qui se développe le moins. Cette petite différence entre les carpelles est très commune chez beaucoup de *Polygala américains*, parmi les européens je cite *P. pruinosa* Boiss, et *P. Chamæbuxus*. Ceci s'accentue chez *P. Badiera* ou le carpelle postérieur ne se développe que peu, encore plus chez les différents Monnina (v. fig. des Monnina) et chez presque tous les *Securidaca*. Chez ces derniers ce carpelle subit un arrêt de développement à un âge peu avancé et le plus souvent la seconde loge de l'ovaire n'est plus visible au moment de l'anthèse. Le style semble alors latéral (v. fig. Sec). A cet arrêt de développement correspond souvent un développement excessif de l'autre carpelle (*Securidaca*). Chez *Polygala* cet avortement unilatéral est assez rare : il s'observe cependant ici et là dans le petit groupe formé par *P. hemipterocarpa*, *P. semialata*, *P. Duartena* et est d'autant plus marqué que l'ovaire considéré est pris à un âge plus avancé.

Chez *P. Phlebotænia* de Cuba c'est la loge antérieure qui avorte.

L'ovaire peut être sessile ou porté sur un gynophore plus ou moins long (*P. major* Jacq., *P. obovata* St-Hill., *Securidaca Rivinifolia*). Chez *Muraltia* il possède quatre cornes à son sommet (v. fig. 6, table XII). Celui de *Salomonia, P. irregularis, P. supina* porte une crête lobée sur les deux nervures dorsales des carpelles. Ordinairement glabre il est poilu chez certains groupes (*P. erioptera, Hebecarpa, P. Persicariæfolia*). La présence ou l'absence de poils sur l'ovaire est un caractère qui est d'un ordre supérieur à celui de caractère spécifique.

Chez *Xanthophyllum* l'ovaire est porté sur un gynophore court et épais, entouré à la base par le disque (v. fig. 1 et 3, tab. IX). Il est un peu renflé

à sa base, puis il s'amincit sensiblement en un style stigmatifère acuminé et un peu arqué en arrière. L'ovaire présente des côtes et des vallécules qui font plus ou moins alternance avec ceux du disque. La coupe transversale nous le montre formé de deux carpelles soudés par leurs bords en formant un ovaire uniloculaire à placentation pariétale. Les ovules sont disposés deux par deux en deux séries. Leur nombre n'est pas très considérable. C'est donc une toute autre structure que celle qu'on rencontre chez les autres Polygalacées. N'étaient-ce les autres caractères qui sont sans contredit polygalacéens, cette différence suffirait pour séparer *Xanthophyllum* de cette famille pour en faire une petite famille voisine, différente par sa placentation.

Style et Stigmate.

La forme définitive de ces deux organes varie beaucoup d'un genre à l'autre et même d'une section à l'autre. Ordinairement les deux stigmates sont inégaux et de forme différente. Primitivement ils sont de forme semblable chez toutes les espèces, mais la différenciation s'annonce de bonne heure. J'ai déjà décrit ce phénomène pour P. vulgaris et ses proches.

Chez *P. Chamæbuxus* lorsque les deux stigmates sont formés, l'un d'eux, l'antérieur demeure rudimentaire tandis que le postérieur s'accroît beaucoup horizontalement (v. fig. 23, tab. VIII) plus tard le style s'épaissit au-dessous des stigmates et subit une courbure correspondant à celle de la corolle, de telle sorte que la direction primitive des stigmates est troublée (v. fig. 25, 26, tab. VIII). Ici c'est encore le postérieur qui est papilleux, tandis que l'antérieur est lisse et rudimentaire. Une organisation semblable se rencontre chez *P. Lauréola* et ses proches. Chez celui-ci il peut arriver que le stigmate postérieur ne s'accroisse pas d'une manière prépondérante. Les deux stigmates sont alors égaux et de même forme. Les fig. 19-20, tab. IX, qui représentent ce développement chez P. Ligustroïdes nous le montrent à toutes ses phases. Le style qui se développe tardivement subit près de la base des stigmates une cour-

bure semblable à celui de P. Chamæbuxus. Dans ce dernier cas comme dans celui de *P. Spectabilis* DC toute la surface stigmatique est devenue papilleuse.

Chez les espèces du sous-genre Hebeclada le stigmate antérieur seul s'allonge, tandis que le stigmate postérieur est remplacé par une touffe de poils (v. fig. **21**, tab. IX).

Chez beaucoup de Polygala américains à petites fleurs, le stigmate antérieur ressemble à celui de P. vulgaris, il est membraneux et concave, tandis que le postérieur est charnu et papilleux. Le stigmate supérieur alors porte un appendice plus ou moins long couronné par des papilles qui ne sont autre chose que des poils bifurqués et obtus. Ils forment au sommet de l'appendice une jolie crête arrondie. On exprime cette forme de stigmate en disant « stigmata cristata. » L'appendice lui-même peut être très court et la crête paraît alors sessile ou subsessile *P. variabilis*, *P. longicaulis*, *P. adenophora*. L'appendice et la crête peuvent aussi être remplacés par une touffe de poils (*P. Scoparia*, *P. Hemipterocarpa*, *P. Duartena*). Elle disparaît alors même quelquefois P. pulchella St-Hil. Cette forme de stigmate est caractéristique pour la majeure partie des Polygala américains. Quelques espèces africaines appartiennent cependant à ce groupe : ce sont *P. capillaris* E. Mey., *P. spicata* nob., *P. micrantha* Guil. et Perrot, *P. africana* nob., *P. Lecardi* nob.

Chez les espèces de la section *Hebecarpa* les stigmates se rapprochent de ceux de la section *Hebeclada*, mais le stigmate inférieur est moins proéminent. Les deux peuvent être séparés par une vallécule plus ou moins profonde. Quelquefois aussi le supérieur (antérieur), qui est aussi papilleux est entouré par un appendice membraneux et tronqué, qui est caractéristique pour certaines espèces (v. Description). *P. Galleoti* Chod., *P. Platycarpa* HBK. Dans ce même groupe on peut voir tous les passages de cette forme de stigmate à celle qui est représentée dans la fig. 22, tab. IX (P. Macradenia), où l'appendice supérieur et l'inférieur sont contigus, ou celle de P. pubescens où les deux forment

comme une petite pince latérale à dents obtuses. Ces deux dents peuvent s'éloigner (*P. Durandi*) ou se rapprocher plus encore (*P. Barbeyana, P. Badiera*).

Cette forme se retrouve plus ou moins modifiée chez *P. Asbestina* et les espèces qui se groupent autour de *P. arenaria* ou *P. persicariæfolia*; le stigmate supérieur (antérieur) devient dans ces dernières espèces légèrement invaginé et dépasse de beaucoup en longueur le stigmate tuberculiforme inférieur. Chez *P. Japonica* Houtt., *P. Veronicæfolia* Müll., *P. Khasiana*, ils sont égaux, de même forme en même temps que très rapprochés.

P. Rupicola Hochstett. nous montre un type particulier. Le stigmate supérieur est lisse, légèrement rejeté en arrière et subarqué, tandis que l'inférieur est globuleux. Ceci s'observe aussi chez *P. Abyssinica* (v. fig. 23, tab. IX). A ce dernier type se rattache un autre qui est général pour les espèces qui se rattachent à *P. gracilipes* Harvey : le stigmate supérieur n'est pas charnu, il est subémarginé ou presque tronqué et à peine concave; l'inférieur au contraire est charnu, souvent cylindrique, défléchi et papilleux au sommet (*P. pappeana*) ou à sa partie inférieure (*P. capensis* nob.). Semblable au précédent, le style de *P. virgata* en diffère par une rangée de poils au-dessous du stigmate supérieur (v. fig. 24, tab. IX).

Dans tous ces cas c'est au stigmate postérieur qu'est dévolue la fonction collective par les poils papilleux qu'il porte. Il n'en est plus ainsi chez les espèces africaines et asiatiques de la sous-section indiquée plus bas. L'appareil stigmatique adulte a un aspect tout particulier (v. fig. 25, tab. IX), il semble que le style a subi une courbure apicale et qu'il s'est élargi en aile unilatérale, papilleuse sur l'un de ses bords. Au premier abord il est difficile de ramener cette forme au type général. Quelle est la part dévolue aux deux stigmates dans cet organe singulier. Il faut suivre avec soin l'évolution dès la première apparition des stigmates jusqu'à leur complet développement. Les fig. 12-15, tab. IX, nous le montrent clairement.

Dans la fig. 12 les deux sont nettement distincts; l'antérieur est mem-

braneux, légèrement concave, l'autre charnu non proéminent, le style est encore très court. Ce stigmate postérieur ne joue plus aucun rôle, il arrête son développement, l'autre au contraire s'allonge et accroît d'une façon inégale ses deux ailes, l'une seule devient membraneuse, tandis que l'autre ne s'accroissant pas en surface est étirée et ne forme plus qu'un épaississement latéral. Pendant ce développement le stigmate s'est courbé et forme un angle avec la partie supérieure et élargie du style, en même temps que cette dernière s'articule à son tour sur celle qui se forme à la base. C'est ainsi qu'en dernier lieu l'appareil stigmatique prend sa forme définitive et forme sur l'un des bords de l'aile un tissu collecteur très étroit (v. fig. 15). Ce développement unilatéral est général pour les deux groupes naturels qui se rangent : 1º autour de *P. Schoenklankii*; 2º autour de *P. Chinensis*; 3º *P. peduncularis.*

Dans les autres genres la variété est moins grande. Chez Bredemeyera les deux stigmates sont confondus en un seul (v. fig. 26) *Mundtia* a un appareil particulier qui ressemble un peu à celui de P. Chamæbuxus (v. fig. 4, tab. IX). Chez *Securidaca* les stigmates sont ou capités ou aplatis. Il en est de même chez Carpolobia (v. fig. 27.)

Aucun caractère de la fleur des Polygalacées et tout spécialement du genre Polygala ne peut être comparé à celui que donne la forme du stigmate. Elle est le caractère par excellence pour la formation des sous-groupes et des groupes.

Quant au style les variations typiques sont moins nombreuses. Très court chez beaucoup d'espèces, il s'allonge beaucoup dans d'autres et devient filiforme (*P. obscura*, *P. ramulosa*, *P. Decaisnei* Steud.,) etc.

Il est quelquefois rimiforme et aplati suivant le plan médian (Sect. *Hebeclada*). Chez ces derniers il montre souvent deux zones d'amincissement, une à la base l'autre au milieu. Il est alors en angle droit. Chez les espèces européennes il est court et droit, filiforme chez Hebecarpa ou en lanière. Celui de *P. spectabilis* est très mince à la base puis s'élargit sensiblement jusqu'à atteindre à son sommet recourbé dix à vingt fois son épaisseur primitive. Chez *Chamæbuxus* il est recourbé et épaissi à la partie

supérieure. Il est le plus souvent très court chez les Polygala à crête, sauf chez *P. longicaulis*, *P. adenophora* et *affin.* et quelques espèces du sous-groupe Incarnatæ. Sa courbure dépend ordinairement de celle de la corolle.

Chez *P. peduncularis* Burch., il est en forme de lanière amincie aux deux bouts et tordue au milieu.

Toute cette organisation est évidemment constituée en vue de la pollinisation et de l'autofécondation. En effet nous voyons les étamines déverser leur pollen dans le stigmate supérieur qu'elles entourent chez les espèces à crête et celles du groupe de P. vulgaris. Le stigmate supérieur creusé en poche ou en capuchon est un organe collecteur, et la crête avec ses nombreux poils augmente de beaucoup cette propriété. On trouve toujours l'un et l'autre remplis ou couvert de grains de pollen.

Les anthères sont le plus exactement à la hauteur des stigmates. Chez les espèces à stigmate ailé (v. p. 100) ce dernier enveloppe les anthères qui viennent s'introduire dans la cavité qu'il forme avec le style (v. fig. 28, tab. IX). Toute l'organisation semble donc être adaptée à l'autofécondation. M. H. Müller cependant et Hildebrandt y voient une disposition en vue de la fécondation croisée. Le premier a constaté cette pollinisation chez nos Polygala suisses. Les lépidoptères introduisent, dit-il, leur trompe entre les deux pétales supérieurs, au sommet, en se tenant sur la crête. Ce serait un fait analogue à celui qui s'observe chez Corydallis ou l'organisation générale est semblable; s'il en était ainsi, nous comprendrions le rôle que peuvent jouer les vives couleurs dont sont particulièrement doués le sommet de la carène, la crête, les ailes et le sommet des pétales supérieurs. Ils agiraient comme enseignes en attirant les insectes.

Un fait digne de remarque, c'est que lorsque les ailes sont petites et vertes, les pétales supérieurs deviennent plus considérables et richement colorés (*P. Schönklankii,* etc.). Je pense cependant que l'autofécondation est le fait général, la fécondation croisée, le fait particulier,

exceptionnel. Des recherches minutieuses demandent à être faites à ce sujet.

Feuilles.

Il est difficile d'établir aujourd'hui avec certitude quelles sont les causes qui influent principalement sur la forme, la grandeur et la consistance des feuilles. On peut cependant reconnaître quelques adaptations au climat et au sous-sol. Les espèces sylvatiques dans le genre Polygala ont de grandes feuilles ténues et herbacées (*P. Laureola*, *P. grandifolia*, *P. gigantea*), les espèces du Désert diminuent leur surface transpiratrice, leurs feuilles deviennent moins nombreuses et plus coriaces; celles des marécages de l'Amérique du sud paraissent semi-parasites, car leurs feuilles excessivement réduites ou presque supprimées deviennent squamiformes. Chez P. vulgaris la grandeur des feuilles varie souvent avec l'altitude et la saturation aqueusé de l'atmosphère. Ainsi les variétés subalpines ont les feuilles plus larges que celles de la plaine. Ce qui prouve bien cette adaptation c'est le fait que dans des sections très homogènes, la consistance et la grandeur des feuilles varie beaucoup. Prenons par exemple la section *Chamæbuxus*; nous y trouverons des feuilles petites et coriaces (*P. Chamæbuxus*), à côté de grandes feuilles herbacées, minces (*P. arillata* Don., *P. Reinii*). La section Hebeclada nous montre aussi tous les induments possibles, depuis la glabrescence presque absolue jusqu'au tomentum laineux (*P. grandiflora*).

Toutes les espèces connues ont leurs feuilles entières. Ces dernières varient cependant excessivement.

Squameuses chez *P. squamifolia* Wrght, *P. subtilis* HBK, *P. Chuiti* Chod., elles deviennent linéaires chez *P. paludosa* St. Hil., *P. rigida*; pinoïdes, chez *P. pinoïdes*, *P. polyphylla* DC, *P. Ephedroïdes* Burchell., *P. pinifolia* DC, *teretifolia, cyparyssias, gnidioïdes*, ericoïdes chez *C. ericina*, C. *longifolia* et plusieurs autres Comesperma; obovales (*P. punctata*) triangulaires (*P. oppositifolia*), cordiformes; (*P. Brasiliensis* L., *P. cordifolia*). Quelquefois elle prend l'apparence d'une feuille de graminée

(*P. graminifolia*). Leur grandeur varie beaucoup. Parmi les plus grandes sont celles de *Securidaca Muelleri* nob., *P. Gigantea* nob., *Xanthophyllum* spec. qui atteignent de un à trois dcm. de longueur sur quatre à six centimètres de largeur.

Elles sont pour la plupart sessiles, et s'insèrent alors directement sur la tige avec un léger renflement basilaire. Chez *P. Timoutou* Aubl. et les espèces voisines la feuille sessile se continue sur la tige par une aile décurrente.

Le plus souvent les feuilles inférieures sont plus petites que les supérieures (*P. brizoïdes* H. B. K., *P. vulg.* var. nonnull).

Un exemple remarquable de ce fait nous est donné par *P. paucifolia* Willdn., les feuilles caulinaires sont squameuses et même quelquefois scarieuses; au-dessous des quelques fleurs qui terminent les tiges grêles, se développent un nombre indéterminé de feuilles relativement très grandes et longuement pétiolées, tandis que celles de la tige (6-10), plus petites, sont sessiles. Cette plante intéressante qui par ses caractères floraux se rapproche de P. Chamæbuxus est une espèce très précoce, on comprend que les premières feuilles au sortir de l'hiver ne se développent qu'imparfaitement, tandis que les dernières, celles du sommet de la tige plus favorisées prennent une plus grande évolution sous l'influence de conditions atmosphériques plus favorables. Il semble d'ailleurs que la grandeur des feuilles est déterminée par leur fonction et la nécessité physiologique. Ici les feuilles servent évidemment à nourrir principalement les grandes fleurs terminales auxquelles ne pourraient suffire les feuilles écailleuses de la tige moyenne. C'est pourquoi aussi elles sont très rapprochées des fleurs afin que la nutrition soit plus rapide, plus régulière. En thèse générale on peut dire que lorsque les fleurs sont considérables et terminent des tiges simples, les feuilles de cette tige iront en augmentant vers le sommet ((*P. vulgaris* L., *P. fallax* Chod., *P. leucantha* Bennet, *P. peplis* Baill. Chez les espèces au contraire où les fleurs sont peu nombreuses, en petites grappes ou axillaires les feuilles sont ordinairement uniformes (*P. depressa*, *P. Ari-*

zonae Chod. Il en sera de même dans les tiges rameuses où les sucs assimilés ne sont pas nécessairement dirigés d'un seul côté. En effet les espèces rameuses ont leurs feuilles assez uniformes (*P. arillata* Ham., *P. Klotshii*, *P. Benetti*.

Examinons maintenant un peu en détail quelques feuilles caractéristiques de Polygalacées.

1° Polygala Chamæbuxus L. (fig. 1, pl. X).

Une coupe transversale pratiquée par le milieu de la feuille montre les éléments suivants :

(Ces feuilles à l'état adulte ont une longueur de 2,5 cm. sur 10 mm. Leur face supérieure est bombée et leurs bords sont légèrement repliés en dessous).

A la face supérieure un épiderme à cellules intimement reliées entre elles, sans aucun méat. Ces cellules sont à peu près trois fois plus longues que larges. Elles présentent des ponctuations elliptiques nombreuses sur leurs parois latérales. Le grand axe de ces ponctuations est dirigé perpendiculairement à la surface de la feuille.

Ces ponctuations sur quelques-unes des parois augmentent considérablement ce qui leur donne une apparence réticulée. L'épiderme supérieur ne contient ni cristaux ni chlorophylle. Il est dépourvu de stomates.

Toute la paroi extérieure de ses cellules est fortement épaissie, tandis que les parois latérales et basilaires ne le sont que peu. En employant les réactifs on remarque que la cutine recouvre tout l'épiderme ne laissant qu'une couche mince de cellulose non incrustée vers l'intérieur (v. fig.). La chrysoïdine colore la cutine en jaune d'or, le rouge-congo la cellulose en beau rouge.

L'épiderme inférieur est formé par des cellules plus petites tout aussi incrustées de cutine, mais interrompues par des stomates nombreux. Ceux-ci sont insérés à la hauteur des autres cellules épidermiques ou sont légèrement exhaussés. Vue en coupe transversale, chaque cellule stomatique se montre fortement épaissie sur sa paroi extérieure et

intérieure. Le lumen de la cellule est très réduit et présente une section ovale aiguë dont la base repose contre la paroi latérale qui confine à la cellule annexe. Cette dernière plonge au-dessous de la cellule stomatique correspondante et est souvent deux fois plus haute. Chacune des cellules stomatiques est munie d'une arrête d'épaississement très proéminente et formé presque complètement par de la cellulose cutinisée. L'antichambre formée par les deux arrêtes avec la fente stomatique est de faible dimension.

La chambre stomatique au contraire est le plus souvent très spacieuse.

A la face supérieure le parenchyme assimilateur est formé par une ou deux assises de cellules en palissades, fortement chlorophyllées et occupant à peu près la moitié de l'épaisseur de la feuille. Au-dessous le parenchyme devient plus lâche mais les cellules ne sont pas rameuses elles sont simplement dissociées. Autour de chaque faisceau on trouve une gaine formée par une seule assise de cellules intimement soudées et allongées tangentiellement; au-dessous de la partie extérieure du faisceau, elles se transforment plus ou moins en collenchyme, au moins pour ce qui est de la nervure médiane.

La gaine s'observe aussi dans les nervures secondaires. Le faisceau unique de la nervure médiane est composé pour plus de la moitié par des éléments ligneux, disposés en séries formant éventail. Le liber est moins considérable (v. fig.). On trouve dans le parenchyme assimilateur des cristaux assez nombreux, isolés et prismatiques. L'épiderme est toujours à une seule assise sauf au bord de la feuille où il devient quelquefois à deux assises (v. fig.). L'épaississement des parois atteint son maximum dans l'épiderme du bord de la feuille.

Chez P. vulgaris les stomates sont disposés des deux côtés de la feuille.

On trouve ordinairement quelques poils qui ne sont que des cellules épidermiques; ces poils sont ordinairement perlés. M. Vesque (l. c.) semble croire que les poils lisses sont la règle, les poils perlés l'exception. C'est le contraire qui est vrai. Ces poils sont de forme très variable; ordi-

nairement ils sont recourbés en crosse (v. fig. 1, tab. III). La présence ou l'absence de granulations à leur surface peut servir au besoin de caractère distinctif. Même leur forme peut être employée dans ce but. Ainsi on pourra facilement reconnaître et séparer P. angustifolia HBK de *P. Brizoïdes* St-Hilaire, l'un a des poils raides, l'autre les a appliqués contre la tige; chez *P. Gnidioides* ces mêmes poils sont raides, crochus dans l'espèce voisine (*P. Thesioides*). Mais jamais ni leur forme ni leur surface ne peut servir à distinguer des groupes ainsi que le voudrait M. Vesque (l. c.). C'est une erreur qui ne peut s'expliquer que par son ignorance de la structure organographique de la fleur des Polygalacées.

Le caractère tiré de la forme des poils peut dans certaines familles (Loasées, etc.) avoir une grande importance. Ici ce caractère est moindre et de seconde valeur. M. Vesque croit aussi que l'épaississement apical de la paroi du poil est caractéristique pour Monnina, mais outre qu'il y a des Monnina qui ne le possèdent point, ce caractère se retrouve chez un nombre considérable de Polygala américains. Mais c'est avec raison que ce dernier auteur a décrit les poils de Bredemeyera comme cloisonnés en file. C'est un fait tout particulier et très distinct dans les poils de ce genre. J'ai examiné tout spécialement à ce sujet *Bredemeyera brevifolia* Benth. (v. fig. 2 et 3) et Bredemeyera Kunthiana (v. fig.).

Chez le premier les cloisons sont ordinairement très minces et peu nombreuses, 2-3, chez le second au contraire elles sont plus nombreuses et ordinairement assez épaissies. Quelquefois l'épaississement ne forme pas de cloisons (v. fig. 3 *b*, tab. V). On pourrait à priori croire que ces cloisons n'en sont que de fausses, mais si on examine un poil jeune, on les voit diviser en une file de cellules. Ces poils sont perlés.

Chez *Securidaca* les poils sont aussi chagrinés. Il en est de même pour beaucoup de *Monnina* (*M. linearifolia* Ruiz et Pavon). Chez cette dernière espèce le poil se rétrécit beaucoup à la base et au sommet.

Chez *Bredemeyera revoluta* Bennet outre les poils ordinaires il y en a d'autres beaucoup plus petits qui ne sont guère que des papilles allongées

(face inférieure). L'épiderme est formé dans *P. angulata* de cellules à papilles, c'est-à-dire bombées à l'extérieur (v. fig.). Les deux épidermes peuvent différer considérablement; ainsi chez *Securidaca acuminata* l'épiderme inférieur est formé par des cellules papilleuses (v. fig. 3, tab. X), tandis que l'épiderme supérieurest lisse. Chez *Muraltia filiformis* les parois externes des cellules épidermiques sont excessivement épaissies, tandisque celle de l'épiderme supérieur le sont moins. Ici les feuilles étant dressées cette différence s'explique par la position de la feuille.

Les stomates naissent d'une façon très simple, si les deux espèces étudiées à ce sujet peuvent être considérées comme représentant le type général. Chez *P. Chamæbuxus* L. une cellule jeuné quelconque (vu de face) est divisée en deux par une paroi un peu courbée. L'initiale ainsi formée se subdivise par une paroi perpendiculaire à la première (v. fig. 4, tab. X). D'après M. Vesque il en serait de même chez *P. myrtifolia.* Ces stomates peuvent n'exister qu'à la face inférieure. C'est ce qui arrive chez les espèces à feuilles étalées (*Chamæbuxus* L., *P. myrtifolia*). Chez *P. vulgaris* au contraire il y a des stomates sur les deux faces. Il ne semble pas y avoir de règle à ce sujet. L'épiderme est renforcé d'un hypoderme aqueux, à une ou deux couches de cellules chez *Moutabea* (v. fig. 5, tab. X).

Le pétiole lorsqu'il existe ne possède qu'un seul faisceau, dont l'orientation est normale, c'est-à-dire le bois en haut le liber en bas. Chez tous les Polygala ce faisceau unique est plus ou moins étalé, jamais il n'est fortement recourbé et annulaire. Il est entouré chez *P. Laureola*, d'un collenchyme assez épaissi. Son parenchyme contient souvent des cellules cristalligènes avec de grosses macles étoilées d'oxalate de chaux (P. *Salicina* nob.).

Les éléments mécaniques manquent souvent chez les Polygala examinés; au contraire, ceux-ci sont bien développés chez les différents Securidaca. Toute la partie libérienne du faisceau est flanquée d'un revêtement de fibres libériennes souvent divisé en groupes isolés (*S. Brownii*, *S. pubescens*); le bois est revêtu d'éléments scléreux courts à parois très

épaissies (v. fig. 7, tab. X). En règle générale chez *Securidaca* tout le faisceau est entouré d'une gaine scléreuse, dont les éléments diffèrent selon qu'ils sont devant le bois ou le liber. Ordinairement le faisceau dans le pétiole est largement étalé mais il peut aussi arriver qu'il devienne semi-lunaire et même que ses bords se rencontrent (v. *S. corytholobium* et *S. Hostmanni*, fig. 8-9, tab. X).

Chez *S. acuminata* ce parenchyme libérien et cortical du pétiole contient de gros cristaux rhomboédriques d'oxalate de chaux.

Chez *Moutabea* dont j'ai examiné quatre espèces, la base du pétiole manque de sclérenchyme; il est remplacé par des cellules collenchymateuses comme chez beaucoup de Polygalées. On y trouve par contre dans ce parenchyme un nombre assez considérable de cellules pierreuses très épaissies et d'autres cristalligènes avec des cristaux d'oxalate de chaux. En outre les cellules de la périphérie comme aussi certaines cellules isolées sont riches en tannin combiné avec une matière rouge. Vers la feuille les fibres libériennes se montrent. Chez *Xanthophyllum* l'anneau libéro-ligneux est complet dans le milieu du pétiole.

Si l'on suit le développement du faisceau unique dans le pétiole jusque dans le limbe de la feuille, on remarque un phénomène singulier [1]. A la base du pétiole le faisceau fibrovasculaire est déjà semi-lunaire : ses deux bords se recourbent (v. fig. 1, tab. XI) légèrement pour venir s'appliquer sur le corps du faisceau. Le sclérenchyme est particulièrement développé à la partie supérieure, il remplit aussi l'interstice laissé libre entre les deux bords.

A cette hauteur du pétiole le parenchyme contient un nombre considérable de cellules pierreuses (v. fig. 1, tab. IX) remplies d'une résine jaune brunâtre. On trouve dans les cellules du parenchyme quelques leucites verts et des rhomboèdres d'oxalate de chaux simples ou maclés irrégulièrement ou doubles. L'épiderme a une paroi extérieure excessivement épaissie et complètement cutinisée. On n'y remarque point de stomates. Certaines cellules s'allongent en poils droits courts et lisses.

[1] Xanthophyllum vitellinum.

Ils sont nombreux à la face supérieure. Il n'existe du parenchyme médullaire dans le faisceau qu'entre les deux parties qui forment de chaque côté la duplicature du faisceau, la partie moyenne n'en possède pas (m.). Une coupe pratiquée plus haut dans le même pétiole montre le faisceau plus fortement recourbé en demi-lune et les deux bords sont plus rapprochés. Le faisceau est alors annulaire mais sa section est elliptique. On aperçoit ici déjà une moelle centrale excessivement étroite et étirée selon l'axe principal de la section du faisceau. Les poils sont aussi plus longs et on y remarque des cloisons qui découpent le poil en plusieurs cellules superposées (fig. 2, tab. IX).

Des coupes successives à travers le limbe de Xanthophyllum montrent le faisceau médian allant se compliquant vers le milieu de la feuille pour redevenir plus simple vers le sommet. Il est près de la base formé de trois assises superposées, la supérieure plus petite, les autres plus ou moins en éventail. Ce petit faisceau supérieur présente son bois et son liber dans un ordre anormal, c'est-à-dire le bois en bas et le liber en haut; les deux autres faisceaux ont une orientation normale. Entre chacune des assises se trouve une bande de parenchyme et le second faisceau, c'est-à-dire le moyen est flanqué comme l'inférieur de fibres libériennes au bord de son liber. Le tout est enveloppé par une gaine de sclérenchyme et de fibres.

Le limbe et sa structure varient beaucoup suivant que l'on considère des feuilles étalées, dressées, aciculaires ou pinoïdes. Les stomates chez les feuilles étalées sont d'ordinaire exclusivement à la face inférieure (*P. Chamæbuxus* L., *P. myrtifolia*). Chez cette dernière espèce l'épiderme supérieur a des cellules à contour différent des cellules de la face inférieure qui sont plus sinueuses et deux ou trois fois plus petites.

Le parenchyme assimilateur palissadique est ordinairement à la face supérieure où il forme une ou deux couches (*P. Chamæbuxus*, *P. myrtifolia*, *P. lancifolia*). Chez plusieurs espèces à petites feuilles dressées (*P. Brachytropis*, *P. scoparia* HBK) il est à peu près égal sur les deux

faces. Chez *P. rupestris* (*P. oxycoccos* nob.), il y a des stomates sur les deux faces. *P. acicularis* Watson (!) a des feuilles qui ont une section triangulaire, l'une des faces étant dirigée du côté de l'axe; c'est cette dernière face qui possède le parenchyme palissadique. Sur les deux autres celui-ci est moins développé.

Muraltia filiformis a l'épiderme inférieur beaucoup plus épaissi que le supérieur ce qui s'explique parce que les feuilles sont dressées.

Les feuilles aciculaires ou pinoïdes n'ont souvent que le faisceau médian (*P. acicularis* Watson). Ce faisceau est alors étalé et son orientation normale.

Chez les feuilles de plus grande dimension la coupe montre un plus grand nombre de faisceaux (secondaires).

Les uns et les autres peuvent exister sans fibres mécaniques (*P. vulgaris*, *P. graminifolia*, *P. Myrtifolia*, *P. oxycoccoïdes* Desf., *P. rupestris* Poir., *P. angulata* DC, etc.) ou entourés de collenchyme spécial *P. Laureola* St-Hil., *P. salicina* nob.; ce collenchyme peut être localisé autour de la partie libérienne (P. Chamæbuxus).

Souvent le faisceau médian ou les latéraux sont renforcés par des fibres mécaniques, dépassant dans leur ensemble quelquefois de beaucoup l'épaisseur du faisceau proprement dit (*P. acicularis* Wats., *P. scoparia* HBK).

Les feuilles aciculaires peuvent être dépourvues de ces fibres mécaniques (*P. Brachytropis*, *P. tenuis*, *P. paludosa* St-Hil., etc.).

Les fibres existent quelquefois sur les deux faces du faisceau (P. Acanthocladus). Elles forment ordinairement lorsqu'elles existent un revêtement de forme variable, tantôt triangulaire (*P. scoparia* HBK, *P. acicularis* Wats), tantôt semi-lunaire et beaucoup plus épais et large que le faisceau lui-même (*P. ovalifolia*), tantôt étroitement semi-lunaire (*Bredemeyera revoluta* Bennet, *Bredemeyera lucida* Bennet, *Securidaca acuminata*), semi-lunaire et festonné (*Sec. pubescens*).

Chez *Securidaca pubescens* et autres le faisceau médian est accompagné devant la partie ligneuse d'un arc d'éléments sclérifiés courts, inti-

mement reliés ensemble et remplaçant le parenchyme jusqu'à l'épiderme (*S. pubescens*) ou s'arrêtant un peu au-dessous, (*S. Brownii*, *S. acuminata*).

Les éléments mécaniques sont quelquefois réduits à quelques fibres éparses devant la région libérienne du faisceau médian (*Monnina stenophylla, P. lancifolia*). Chez cette dernière espèce le faisceau médian est très peu développé et le rôle mécanique est dévolu à une arête épaisse et proéminante de collenchyme qui joue le rôle de nervure médiane.

Chez *Moutabea* l'anneau de sclérenchyme est très petit, mince, mais il est complet. Le faisceau ici est circulaire et non pas double comme le dit M. Vesque. On peut suivre le développement du faisceau semi-lunaire en faisceau annulaire en suivant les coupes successives du pétiole et de la feuille. Il n'y a pas ici formation de faisceaux supplémentaires intérieurs, comme chez *Xanthophyllum*.

Une autre particularité intéressante de la feuille de Moutabea c'est la présence d'une seule couche d'hypoderme au-dessous de l'épiderme. Cet hypoderme (fig. 5, tab. X) est formé par des cellules aplaties tangentiellement et dépourvues de chlorophylle. De cette assise unique partent de grandes cellules fibreuses, ramifiées et dont l'axe principal est perpendiculaire au plan de la feuille. Ces cellules fibreuses ressemblent beaucoup à celle qu'on rencontre dans *Olea Europea*. Elles traversent tout le parenchyme de la feuille. Leurs parois épaissies montrent une structure stratifiée bien visible. Le lumen est très exigu, quelquefois presque complètement oblitéré (v. fig.). J'ai retrouvé ces cellules dans le parenchyme de toutes les feuilles de Moutabea.

Le parenchyme assimilateur est formé par des cellules en palissades, disposées tantôt sur l'une des faces, tantôt sur les deux. Le second cas se rencontre chez quelques espèces à feuilles aciculaires et dressées (*P. Brachytropis*, *P. scoparisoides*). Chez *P. Watsoni*, il est disposé sur tout le pourtour de la feuille qui est aciculaire, dressée et dont la coupe transversale est triangulaire. Chez les espèces à feuilles étalées le parenchyme palissadique est localisé à la face supérieure (*P. myrtifolia*, *P. graminifolia*, *P. oxycoccoïdes* Desf., *P. Laureola*, *P. Lancifolia*).

Dans les feuilles monofaciales les stomates sont sur la face opposée au parenchyme palissadique ou aussi se trouvent sur les deux faces (*P. vulgaris*).

Les feuilles bifaciales les ont ordinairement sur les deux faces. *P. Brachytropis*, *P. Rupestris*, etc.

Chez *P. Chamæbuxus* L. les feuilles en automne prennent une coloration rougeâtre ou franchement rouge. Celle-ci se fait tout d'abord à la face supérieure. L'épiderme n'est jamais coloré. Le pigment est localisé dans les cellules palissadiques du premier rang. La coloration est due à un pigment dissous dans le suc cellulaire. Au début il n'y a que cette première assise de cellules en palissade qui est colorée et dans bon nombre de cas la coloration se borne à cela. Dans ces cellules on remarque aussi de l'oxalate de chaux et des gouttes d'huile, point d'amidon. Quant la coloration n'est pas intense les grains de chlorophylle ne sont pas sensiblement altérés, mais lorsque la feuille est rouge sur ses deux faces, ils sont ordinairement déformés. On sait que le pigment chlorophyllien est insoluble dans l'eau. La température baissant et la faculté assimilatrice étant ainsi diminuée, le pigment vert se répand dans le suc cellulaire en subissant une transformation qui le rend soluble tout en lui communiquant une coloration rouge violacée. Cette conclusion est basée sur les faits suivants : L'épiderme ne contient jamais cette coloration rouge; or on sait que l'épiderme de la feuille est dépourvu de leucites verts. En outre la coloration rouge est d'autant plus intense que la région considérée est plus riche en chlorophylle, et les leucites se décolorent en jaunissant. Pendant ce phénomène les granulations deviennent anguleuses et ratatinées. Quelquefois elles se rapprochent et se fusionnent ensemble. A cet état elles sont jaunes et contiennent quelques globules huileux.

On trouve souvent dans les feuilles les plus diverses des cellules cristalligènes, qui ressemblent en tous points à celles que j'ai décrites pour les tiges. Les cristaux d'oxalate de chaux sont maclés en étoile (*P. myrtifolia*, *P. oxycoccoïdes* Desf., *P. Laureola*, *P. Salicina*, *P. Rupestris*, *P.*

scoparioïdes. Chez cette dernière espèce ces cellules sont très nombreuses et ordinairement deux fois plus grandes que celles du parenchyme ambiant.

Des cristaux rhomboédriques se trouvent quelquefois épars dans certaines cellules du parenchyme palissadique (P. Chamæbuxus) ou du parenchyme libérien (S. Brownii).

Fruits et semences.

Le fruit est ordinairement une capsule biloculaire, à déhiscence loculicide (*Polygala*, *Bredemeyera*). Chez Salomonia la déhiscence est à la fois loculicide et septifrage, c'est-à-dire : la capsule se fend complètement selon la ligne médiane, de telle façon que chacune des deux valves du fruit déhiscent est formée des deux moitiés appartenant à des carpelles différents et réunis par une partie de cette cloison.

Dans ce cas chacune des deux graines n'appartient pas à la même valve. L'une est sur celle de gauche, l'autre sur celle de droite. Cette déhiscence particulière ainsi que d'autres caractères floraux (réduction des étamines, fleurs sessiles) me paraissent militer en faveur de la séparation des deux genres Salomonia et Polygala que M. Baillon à cru devoir réunir dans son bel et grand ouvrage : *Histoire des plantes.*

Chez *Polygala* cette capsule a souvent l'apparence d'une silicule de Thlaspi; c'est un fruit à deux loges, aplati perpendiculairement à la cloison. On remarque qu'il est ordinairement bordé sur tout son pourtour par une membrane assez mince, constituée par la partie dorsale et parfaitement médiane des carpelles. Cette membrane coïncide avec la ligne de déhiscence. Elle est toujours développée chez nos Polygala européens; elle possède une nervure qui la sépare du reste de la capsule en la marquant d'une manière très visible. Ces nervures émettent dans la membrane de fines nervilles parallèles.

Cette membrane qui entoure ainsi la capsule n'est ordinairement pas très considérable. Elle peut cependant atteindre la moitié (ou plus) de

la largeur du demi-fruit (*P. Hohenhackeri*, *P. Papilionacea* Boiss). J'indique la présence de ces ailes dans la partie descriptive par l'expression : *fructus* (*ou capsula*) *marginibus membranaceis cinctus*. Chez SALOMONIA ces membranes sont le plus souvent profondément lobées, rarement elles sont entières. Quelquefois on les voit prendre un assez grand développement et devenir aliformes, comme dans certaines variétés de *P. Hohenhackeri* (P. Stocksiana). Chez *P. Phlebotaenia* ces ailes sont très développées. La plupart des Polygala américains qui se groupent autour de *P. galioïdes* Poir. et *P. trichosperma* L. sont complètement dépourvus de ces ailes. Elles reparaissent, mais seulement d'un côté, chez celles qui ont pour type *P. hemipterocarpa*. Enfin elles acquièrent un très grand développement dans le genre *Securidaca* où elles s'allongent fortement de manière à former une aile samaroïde. L'aile de Securidaca n'est autre chose que la membrane de la capsule de *Polygala*.

Il est de règle que la seconde loge de *Securidaca* avorte. Ceci fait que la samare ne possède qu'une aile (v. fig.). J'ai cependant trouvé des *Securidaca* africains à deux ailes et dont les deux loges étaient parfaitement conformes.

Chez plusieurs Polygala la capsule est stipitée (*P. major* Jacq., *P. obovata* St-Hil., etc.). Elle est le plus souvent sessile. Chez Bredemeyera elle est cunéiforme très allongée, et dépourvue de membrane aliforme.

P. Badiera se distingue tout particulièrement par ses capsules cornées, souvent uniloculaires par avortement d'une loge. Chez *Xanthophyllum* et *Moutabea* le fruit est une noix sphérique (v. fig. tab. XII) uniloculaire, à une semence. Le fruit est encore samaroïde chez quelques Monnina. Il ressemble alors quelque peu à un fruit d'orme, ou de Dipterigium. Son péricarpe peut aussi dans ce même genre devenir charnu (M. Xalapensis). Chez Carpolobia le fruit est aussi une espèce de drupe noirâtre. Je n'ai eu que de mauvais fruits de ce dernier genre. La carnosité du péricarpe est moins marquée chez Mundtia (v. fig. 5, tab. XII). Lorsque le péricarpe est osseux, ses éléments sont formés par du sclérenchyme présentant sur la coupe l'apparence d'un tissu osseux (*Securidaca*, *Xanthophyllum*).

Chez *Polygala vulgaris* L. les parois sont formées par du parenchyme à cellules lâchement réunies. M. Leclerc du Sablon (v. Ann. Sc. nat. XVIII) attribue la déhiscence de la capsule de *Polygala* au fait qu'en se desséchant les cellules parenchymateuses de la paroi du fruit se contractent plus que les nervures dorsales. Ces dernières seraient passivement tendues par cette contraction et le parenchyme qui les sépare se déchirerait.

Chez *P. Chamæbuxus* avant la maturité l'épiderme avec un peu de parenchyme se détache du reste de la paroi sauf sur la ligne de déhiscence; ceci produit une espèce de boursouflure. La déhiscence se fait comme chez *P. vulgaris* L.

De même que l'ovaire est souvent irrégulier, la capsule présente ordinairement une loge plus développée que l'autre. Chez P. Chamæbuxus L. c'est la loge antérieure qui est la plus développée. Celle qui regarde la glande (disque) est plus étroite. C'est aussi celle qui avorte chez Monnina.

Un fait remarquable et qui a son importance systématique c'est que pour une série naturelle donnée, la persistance du calice avec le fruit ou sa caducité sont des phénomènes constants. Ainsi les plantes de la section Chamæbuxus ont un fruit nu, tandis que chez celles du sous-genre *Orthopolygala* la persistance est la règle. L'indument est aussi caractéristique pour certaines sections. Les espèces de la section *Hebecarpa* ont toutes des capsules pubescentes, tandis que celle de la section Hebeclada les ont absolument glabres. Les caractères spécifiques pris de leur forme et de leur rapport avec les ailes sont très bons. On reconnaît par exemple facilement *P. Remota* parce que que sa capsule dépasse beaucoup les ailes. Tous ces rapports sont consignés en détail dans la partie descriptive.

Chez Muraltia (fig. 6, tab. XII) la capsule est surmontée par quatre appendices en forme de bec. Ce ne sont autre chose que des prolongements latéraux de chaque carpelle. Leur grandeur et leur forme varient beaucoup. Les fig. 1-10, tab. XII montrent toute une série de fruits de

Polygalacées parmi les plus caractéristiques. Le fruit est biloculaire chez *Polygala*, *Comesperma*, *Salomonia*, *Muraltia*, faussement uniloculaire par destruction de la cloison chez *Mundia*, uniloculaire par avortement d'un carpelle chez Securidaca, Monnina, uniloculaire avec deux carpelles chez Xanthophyllum.

La capsule chez les Polygala est ordinairement dépourvue de stomates.

Les semences varient beaucoup. On ne saurait donner un caractère général pour leur structure ou leur apparence. Chez P. vulgaris lorsque les enveloppes de l'ovule sont formées, la primine se soulève, ainsi qu'il a été dit plus haut, au-dessus de la secondine et forme comme un casque ouvert du côté du hile et surplombant le micropyle (v. fig. 10, *a*, *b*). Peu après la fécondation cette primine augmente beaucoup en épaisseur et finit par former de chaque côté du micropyle un bourrelet encore plus ou moins soudé avec l'ovaire (v. fig. 10, *c*, *d*). Un peu plus tard, le capuchon formé par la primine s'épaissit suivant la ligne dorsale ce qui fait qu'à la place du capuchon primitif il y a trois bourrelets qui se séparent dans la suite des téguments proprement dits en s'allongeant et en formant des prolongements plus ou moins allongés qui chevauchent sur la semence.

Ces prolongements avec le capuchon terminal constituent l'arille. Rien de plus varié que l'apparence et la forme de cet organe.

On peut distinguer les types suivants :

1° Type du P. major Jacq. ou P. vulgaris L. (v. fig. 10, *e*, tab. VI). Ici les trois branches sont subégales et chevauchent sur la semence.

2° Type du *P. galioïdes*. Il n'y a pas de capuchon, les deux seules branches de l'arille sont membraneuses, papyracées et descendantes (v. fig. 11, tab. XII).

A ce type se rattachent un grand nombre d'espèces brésiliennes des groupes du *P. Timoutou*, *P. galioïdes*, *P. hemipterocarpa*, *P. Senega*, etc.

3° Il n'y a pas de caroncule, les deux appendices existants sont aculéiformes très étroits (v. fig. 12, tab. XII) *P. longicaulis*, *P. variabilis*.

4° La caroncule existe, mais les appendices ne sont pas développés.

P. Monspeliaca, *P. exilis*, *P. Barbeyi*, *P. leptocarpa* (fig. 13, tab. XII).

5° La caroncule est cariniforme et les appendices courts ou supprimés.

P. amatymbica, *P. cernua* Thunb (fig. 14).

6° La caroncule existe mais les appendices latéraux sont supprimés, tandis que le dorsal s'allonge considérablement en queue.

Toutes les espèces du groupe Ligustrina (fig. 15, tab. XII).

7° Les deux appendices latéraux sont dressés et papyracés: ils forment une espèce de crête surmontant la semence. *P. Huterana* Chod. (fig. 16).

8° La caroncule existe, elle est comme dans le cas de P. Barbeyi, mais elle est prolongée sur tout son pourtour en membrane entourant le sommet de la semence comme d'une chemise. *P. obscura* etc. Cette membrane peut être plus ou moins étalée ou relevée (P. platycarpa), etc. (fig. 17-18).

9° La semence est dépourvue d'arille (*P. subtilis*, *P. gracillima*, *P. Wedelliana*) (fig. 19).

Outre ces formes il existe de nombreuses modifications indiquées dans le texte et les planches.

L'absence d'arille est donc rare parmi les espèces du genre *Polygala*. Les espèces qui en sont dépourvues sont toutes petites et peut être en partie parasites.

Chez *Securidaca*, *Salomonia*, *Mundia*, *Monnina* l'arille manque complètement. Il existe chez plusieurs Muraltia. Enfin chez Bredemeyera et Comesperma l'arille est ordinairement remplacé comme l'a déjà indiqué St-Hilaire par de longs poils descendants, en deux faisceaux (Comesperma).

En consultant les dessins de la partie descriptive, on pourra se faire une idée générale des variations nombreuses que présentent ces appendices.

Quel est maintenant leur rôle? Cette question est difficile à résoudre.

Pour ma part j'avoue que toutes les suppositions que j'ai faites sur le rôle de ces appendices sont restées sans applications. La seule raison que je trouve pour expliquer leur utilité serait celle d'aider à la

germination en produisant une inégalité de tension dans le test de la semence sous l'influence de l'humidité.

Le test de la semence est constitué d'une manière assez uniforme. Son apparence extérieure varie cependant dans une certaine mesure, tantôt en effet les semences sont lisses (P. vulgaris, etc.), tantôt elles sont chagrinées avec des ponctuations en séries longitudinales (*P. Brasiliensis, P. australis Bennet*). Leur couleur varie du jaune au noir le plus foncé. Elles portent ordinairement des poils en grand nombre. Ces poils sont courts (*P. vulgaris*, etc.) ou plus longs et plus nombreux, ils enveloppent la semence (P. du groupe Hebeclada et P. du groupe de *P. variabilis*); leur longueur peut devenir excessive (*P. filiformis*, *Bredemeyera* et *Comesperma*). Les loges de l'ovaire sont alors remplies par ces longs poils. Chez *Bredemeyera floribunda* le test est prolongé vers la chalaze sous forme d'une pointe raduliforme (v. fig. 20, tab. XII).

Toutes ces semences sont munies de stomates à parois extérieures fortement cutinisées même dans leur jeunesse (v. fig. 8 *st*, tab. VI).

Ces semences jeunes munies de chlorophylle peuvent donc assimiler. Cette présence des stomates sur les semences (ovules) alors qu'ils manquent totalement sur les capsules est remarquable (*P. vulgaris* L., *P. Chamæbuxus* L.). Les poils ne sont jamais chagrinés, toujours lisses et ordinairement droits. Ils sont rarement très crépus et denses : *Carpolobia* (v. fig. 21, tab. XII). Lorsqu'ils sont terminés par un crochet prononcé ils servent de caractère de diagnose. En effet tous les Polygala à semences munies de poils crochus (pilis glochidiatis munita) appartiennent à la section du *P. glochidiata*.

Chez *P. Chamæbuxus* L. ces poils sont des cellules épidermiques qui fortement rétrécies au sortir de l'épiderme s'élèvent perpendiculairement (v. fig. 8, tab. VI). Dans la jeunesse la base et le sommet du poil sont fortement cutinisés.

Une coupe longitudinale de la semence jeune de *P. Chamæbuxus* montre les éléments suivants (v. fig. 8, tab. VI) :

La paroi de la semence (test) est formée : 1° D'une couche de cel-

lules aplaties et fortement épaissies et cutinisées vers l'extérieur (v. fig. 8, *ep.*, tab. VI); 2° Une seconde couche de cellules alternes avec les précédentes aplaties aussi tangentiellement, mais à parois cellulosiques non modifiées; 3° Une couche de cellules très allongées radialement et à peu près dix fois plus longues que larges. Ces cellules (v. fig. 8, *l*, *c*, *l*) sont liées entre elles sans aucune solution de continuité. Leurs parois sont peu épaissies si ce n'est l'extrémité interne qui est fortement cutinisée. Chez ces cellules jeunes on remarque que le noyau cellulaire est invariablement situé à l'extrémité extérieure. Ceci ne cadre pas avec l'opinion répandue[1] que l'épaississement des membranes se fait avec le maximum d'intensité vers la partie où est situé le noyau (v. fig. 8 *l*, *c*). Des cellules de cette même forme se trouvent aussi limiter la surface de l'arille, mais leur maximum d'épaississement se fait à l'extérieur. Ce ne sont que des cellules épidermiques modifiées. Le reste de l'arille est formé par un parenchyme homogène. L'embryon est droit, les cotylédons plans, verts, la radicule très courte et dirigée vers le micropyle. L'albumen est formé par des cellules polyédriques qui vont peu à peu en s'épaississant. Ces épaississements sont interrompus par des ponctuations et constituent des réservoirs de matière nutritive pour la germination (v. p. 121). Chez *Muraltia* chaque cellule allongée perpendiculairement contient un gros cristal rhomboédrique situé à la terminaison extérieure (v. fig. 9, tab. VI). Le rapport de l'embryon à l'albumen peut varier extrêmement. Chez *P. dichotoma* nob., l'embryon est très grand (v. fig. 12, tab. VI), mais l'albumen est encore conservé (v. fig. *l*, *c*). Il en est de même des espèces voisines. Chez *P. arillata* Don. l'albumen fait complètement défaut, tandis qu'il existe chez les espèces du même groupe P. Chamæbuxus, Vayredæ, Webbiana, etc.).

Carpolobia a un albumen copieux. La semence est exalbuminée chez *Securidaca*, *Monnina*, *Xanthophyllum*, *Moutabea*, peu albuminée chez *Bredemeyera*.

[1] Haberlandt Funct. des Zellkern.

Qu'elles soient albuminées ou non les cellules de la semence (albumen ou cotylédons) sont ordinairement gorgées d'aleurone et d'huile. Chez Salomonia l'huile prédomine. L'amidon manque ordinairement, mais on en trouve dans l'albumen et les cotylédons de P. Chamæbuxus, à côté de l'huile et de l'aleurone.

Chez *P. violacea* Vahl. les grains d'aleurone sont très beaux et très grands. Ils contiennent ordinairement un cristalloïde semblable à celui des grains d'aleurone des semences de ricin. Il en est de même pour *P. Ligustroïdes*, *P. chinensis*, *P. adenophora*, Muraltia, Securidaca, etc.

Germination.

Je n'ai étudié la germination que chez *P. Chamæbuxus* L. Pour suivre ce phénomène je me suis adressé aux semences qui se développent au premier printemps ou même au mois de mars et avril à la base des P. Chamæbuxus dans les pentes moussues du Petit Salève près de Genève. On trouve ces semences à cette époque à tous les degrés de développement. Avant tout, la semence se débarrasse de son test. Elle est alors nue sur le sol ou dans la mousse. On la prendrait sous cette forme pour un petit œuf. En effet toute la surface de cette semence est lisse et luisante. Elle est très dure à cause de l'épaississement cellulosique des parois. Peu après on voit la radicule sortir par le pôle de l'ellipsoïde qui était contigu au micropyle. Cette racine s'allonge beaucoup et manifeste bientôt une flexion géotropique positive, finalement elle se ramifie et l'axe hypocotylé tout entier sort aussi de l'albumen. Durant tout ce temps les deux cotylédons restent renfermés dans la calotte que forme l'albumen. Celle-ci devient de plus en plus mince et flasque; l'amidon, l'huile, l'aleurone disparaissent et les épaississements cellulosiques sont progressivement digérés. En effet lorsque les cotylédons rejettent les débris de l'albumen, désormais épuisés et inutiles, ceux-ci ne sont plus formés que par des cellules lâches à parois minces, dépourvues de l'épaississement cellulosique si caractéristique. En résumé la jeune plantule s'est développée aux dépens des réserves accumulées dans la semence sous

forme de cellulose, d'amidon, d'huile, d'aleurone, etc. (v. fig. 11, tab. VI).

Chez *P. arillata* la germination doit se passer autrement puisque l'albumen manque complètement. Chez *P. vulgaris*, et ceux de son groupe, ainsi que chez la plupart des Polygala il n'y a pas d'épaississement des parois de l'albumen. Celles-ci sont minces et la nourriture de la plantule consiste uniquement en substances de réserve accumulées dans les cellules de l'albumen et des cotylédons.

Substances contenues dans les Polygalacées.

Peu d'études ont été faites sur la chimie des Polygalacées. On sait depuis longtemps que *P. Senega* et diverses *Monnina* contiennent une forme de la saponine, c'est-à-dire la sénégine. C'est un corps se rapportant aux glycosides, capable d'être décomposé en sapogénine et en sucre[1].

Ce glycoside se trouve en quantité notable dans la racine de *P. Senega*. Christophsohn en a obtenu 2,5 %. Cette substance âcre a été trouvée en 1804 par Gehlen qui l'avait nommée Sénégine. C'est la même substance que Quevenne et Procter ont nommé acide polygalique. Cette sénégine ou saponine est une substance peu déterminée. On sait qu'aujourd'hui une revision des substances connues sous le nom de saponine serait très nécessaire[2]. Ces substances ne paraissant pas former un corps chimique caractérisé, mais un mélange complexe. Quoiqu'il en soit toutes les saponines moussent avec l'eau et sont en partie insolubles dans l'alcool froid. On en a trouvé chez la plupart des Polygalacées examinées, *P. Senega*, *P. Boikini*, *P. mexicana* (?), *P. vulgaris*, *P. amara*, *Monnina Polystachya*.

Quelques-uns ont voulu y voir un moyen de protection contre les insectes. Ces substances sont en effet désagréables et dans une certaine mesure toxiques.

Outre la sénégine ou saponine on a trouvé de l'huile. Fluckiger en a

[1] Voir Fluckiger Pflz. pharmacognosie I, 413, II Ed.
[2] Voir Real Encyclop. der ges. Pharmac. sub. Saponine.

isolé une certaine quantité, 8,68 °/₀ de la racine de Sénéga. Cette huile était formée en grande partie par des acides gras volatils à l'état libre.

J'ai moi-même retiré de P. amara une huile possédant une odeur caractéristique et un goût très âcre.

L'amidon n'est jamais en grande quantité chez les plantes de cette famille. J'ai examiné un grand nombre de feuilles de Polygala d'après la méthode de Sachs, je n'ai jamais trouvé d'amidon. J'en ai par contre trouvé dans la feuille de certaines *Monnina*, de *Xanthophyllum* et de *Moutabea*. En outre dans le nucelle de *P. Chamæbuxus*, les semences de la même plante, les racines de plusieurs Polygala, notamment de *P. violioïdes*, *P. Vauthieri* où il est accumulé sous forme d'amidon de réserve. Chez quelques rhizomes qui semblaient devoir en contenir, *P. obovata* St Hil. *P. Lindheimeri* Gray, je n'en ai pas trouvé, mais beaucoup d'huile. Cette dernière ne paraît manquer à aucune racine de Polygala. Les semences en contiennent aussi beaucoup. Heckel affirme que son *P. butyracea* sert pour la fabrication d'un beurre au Sénégal[1].

J'ai moi-même examiné *P. amara* L. var. amarella au point de vue des substances qu'elle contient. Je n'y ai point trouvé d'amidon, par contre une grande quantité d'un mélange de sucres réducteurs. En outre, j'ai découvert un nouveau corps auquel j'ai donné le nom de Polygalite[2]. Cette substance qui à la formule empirique $C_6H_{10}O_5$ est isomère à la quercite, pinite, etc. Elle s'en distingue par son point de fusion 138° et ses réactions. Elle forme avec le chlorure d'acétyle et l'anhydride acétique des dérivés mono, bi et tetra substitués ce qui semblerait la caractériser comme un alcool tetraatomique. Contrairement à ce que j'avais annoncé au début, elle ne présente ni les caractères d'un aldéhyde ni ceux d'une kétone. Elle ne se laisse pas réduire par l'hydrogène naissant.

Ce serait peut-être un produit de déshydratation, c'est-à-dire un

[1] C'est à tort que Heckel dit dans son travail (Heckel et Schlagdenhaufen 1889, Bullet. de la soc. géogr. Marseille) que ces semences sont dépourvues d'aleurone, elles en sont remplies.

[2] Arch. des Sc. phys. et nat. 1887. Comptes rendus de la Soc. de Chimie.

anhydride de la formule suivante CH,-OH.-CH.-OH.-CH—O—CH.-CH.-OH.-CH,OH. C'est la formule qui semble le mieux rendre compte de sa composition. Quel est le rôle de cette substance dans le Polygala amara L. Nous pouvons la considérer sans aucun doute comme se rattachant aux corps sucrés. En effet par sa cristallisation, sa solubilité dans l'eau, son goût franchement sucré, elle en présente les caractères organoleptiques. Elle ne fermente pas. Des essais répétés pour voir si les plantes peuvent former de l'amidon aux dépens de ce sucre sont restés sans résultat. Elle est peut-être une substance de réserve ou même une substance secondaire de l'assimilation issue d'une déshydratation de la mannite qui se formerait aux dépens des huiles de la plante. On sait que la mannite accompagne ordinairement l'huile dans les plantes. Cette substance remplacerait la mannite. Tout ceci cependant est encore hypothétique. Nous n'avons encore aucune certitude sur le rôle de cette substance chez P. amara. Jacq. v. amarella.

Outre cette substance sucrée j'ai isolé un corps amer précipitable par le tannin mais non par l'acétate basique de plomb. Il est d'une grande amertume et n'est contenu qu'en quantité excessivement petite dans P. amara. C'est à elle qu'est dû le goût caractéristique de cette plante. Elle est amorphe et brunâtre.

Géographie botanique des Polygalacées.

Les Polygalacées sont répandues sur toute la terre à l'exception de la Nouvelle-Zélande et des îles du Pacifique.

Le genre Polygala est le plus considérable. Plus de deux cents espèces appartiennent aux deux Amériques, les autres deux cents sont réparties entre l'Europe, l'Asie et l'Afrique. L'Australie n'en possède qu'un nombre très restreint. Dans ce genre Polygala certaines sections sont limitées à des territoires restreints. Ainsi la section *Hebecarpa* n'appartient qu'à l'Amérique tropicale, il en est de même de la section Hebeclada. Tous les Polygala à crête, c'est-à-dire à stigmate terminé par une houppe de poils (stigmatibus cristatis) appartiennent à l'Amérique, sauf quel-

ques espèces qui habitent le littoral Africain (*P. capillaris*, *P. Lecardi*, *P. spicata*, *P. micrantha*, *P. africana*). C'est un phénomène singulier que la présence des espèces de ce groupe en Afrique. En effet elles sont excessivement rapprochées de leurs congénères d'Amérique, et ceci à un tel point que plusieurs auteurs notamment Oliver ont identifié des espèces africaines, avec des américaines[1].

Ainsi *P. africana* Chod. qui se trouve dans l'Angola est excessivement voisin de *P. glochidiata* HBK qui croît au Brésil. *P. Lecardi* se rapproche de *P. tenuis* ainsi que *P. spicata* et *capillaris* du littoral africain. Cependant aucune de ces espèces n'est identique à une autre espèce habitant l'Amérique. Ceci semble prouver que tout en ayant un foyer d'origine commun la séparation a dû se faire à une époque très reculée.

La section Chamæbuxus a aussi une distribution très singulière. Nous trouvons l'espèce la plus connue P. Chamæbuxus L. occupant l'Europe centrale à partir de la France jusqu'en Carinthie. A cette espèce se rattache *P. Vayredæ* Cost. qui est particulière aux Pyrénées. Il n'y a point d'autre espèce en Espagne. Au Maroc au contraire nous en trouvons trois de ce groupe : *P. Munbyana* Boiss., *P. Webbiana* Cosson, *P. Balansæ* Coss. Ces cinq espèces forment un sous-groupe très naturel et nous ne pouvons douter de leur parenté rapprochée (v. l'article sur le disque).

Dans tout le reste de l'Afrique on n'a pas signalé d'autre espèce appartenant à cette section.

J'ai cependant démontré que *P. Mannii* Oliver appartient à cette section (v. P. Mannii). Or cette plante habite le golfe de Guinée. En Asie nous avons aussi des représentants du groupe Chamæbuxus, caractérisés par la formation d'un disque complet. Leurs stations sont les suivantes :

Ceylan, Nilgherris, Iles de la Sonde (*P. arillata* Don, *P. venenosa*, *P. Malabarica* nob.), Philippines, Japon (*P.* Reinii, Franch.) (Chine.).

[1] Voir à ce sujet. Sur la distribution des Polygalacées, *Arch. Sc. phys. et nat.* 1891, juin.

En Amérique ce groupe est confiné à la Californie, à l'Orégon et l'Arizona. Il y est représenté par *P. cucullata*, *P. Californica*, *P. Rusbyi* Green, *P. Arizonæ*. La seule autre station américaine est celle de *P. paucifolia* dans les Alléghanis.

On voit que la distribution des plantes de ce groupe est très singulière et que les stations sont sans connexité apparente. En outre quoique les plantes de ce groupe soient sans contredit très voisines, elles forment dans leur aire respective des sous-groupes nettement distincts de ceux des autres stations. Ainsi, il n'y a aucun passage des *Chamæbuxus*. européens et marocains vers ceux d'Asie ou d'Amérique, pas plus qu'il n'y en a entre les américains et les asiatiques.

Nous ne pouvons admettre que leur distribution résulte d'une migration dans les temps modernes; nous sommes bien plutôt forcés de supposer qu'ils dérivent d'une souche ancienne dont beaucoup de types auraient disparu. Cette souche aurait été très répandue dans les anciens temps (tertiaire?) et n'aurait subsisté qu'en certaines localités favorisées.

La distribution des autres groupes est moins anormale.

Celui qui est formé par *P. major* et ses proches occupe toute l'Europe, une partie du littoral du nord de l'Afrique et s'avance jusqu'aux limites de la Perse.

Celui qui a pour type *P. Chinensis* occupe toute l'Asie méridionale à partir du nord de l'Australie et pénètre en Afrique par Zanzibar, Madagascar et le Cap (v. sub. P. Chinensis et affin.). Certaines espèces comme *P. triflora* sont confinées au désert. On les trouve depuis le Beloutschistan, en Perse, en Arabie, dans le Soudan et jusqu'aux îles du Cap vert.

Un autre petit groupe représenté par *P. Khasiana* a pour aréa les montagnes de l'Inde, le Thibet, le Japon, les îles de la Sonde et l'Australie du nord.

Aucun des groupes asiatiques à l'exception de celui de Chamæbuxus, n'a de connexité vraie avec des groupes américains.

On peut donc pour le genre Polygala déterminer plusieurs courants importants. L'un partant d'Europe (*P. major*) pour aboutir en Perse, l'autre asiatique (*P. persicariæfolia*) venant aboutir aux confins de l'Europe (Asie Mineure, Grèce, *P. Ramulosa, P. pruinosa*) se bifurquant pour passer en Afrique avec *P. Quartiniana, P. arenaria, P. Welwitschii* Chod. (Angola); un autre partant de l'Australie (*P. orbicularis* Benth.) passant par l'Asie méridionale (*P. Chinensis* L.), Madagascar (*P. Schönklankii*) pour aboutir en Afrique méridionale.

Un autre enfin américain vient toucher le littoral africain et remonte jusqu'à Zanzibar (P. à crête).

D'autres, plus limités et restreints, ont une aire tout à fait géographique.

Le lecteur pourra s'en rendre compte en examinant les notices accompagnant chaque groupe et sous-groupe.

Aucun des autres genres n'a une distribution aussi étendue. Seul *Securidaca* fait le tour du monde. Répandu en Amérique depuis le Paraguay jusqu'aux Antilles, il passe en Afrique (Soudan, Afrique équatoriale, Abyssinie) et se retrouve en Asie (Iles de la Sonde et Australie). *Salomonia* est confiné à l'Asie (Extrême Orient). *Carpolobia, Muraltia, Mundia* sont exclusivement sud-africains.

Bredemeyera est à la fois américain et australien. *Monnina* seulement américain.

Usage des Polygalacées.

Leur emploi est très limité. On ne se sert guère aujourd'hui en médecine que de la racine de Sénega (Radix Senegæ) comme expectorant. En Europe on emploie encore quelquefois *P. amara* Jacq. comme amer et béchique. *P. vulgaris* L., *P. calcarea* Sch. passent pour toniques stomachiques, sudorifiques, légèrement aromatiques et un peu amers (Baillon). Je crois ces propriétés exagérées. J'ai fait des expériences suivies avec l'extrait alcoolique et aqueux de Polygala amara. Il s'est montré un amer excellent et sans danger. M. le Dr Binet de Genève, physiologiste, a expé-

rimenté cet extrait sur un lapin et ne lui a trouvé aucune action physiologique déterminée.

Quant à P. Sénega sa vogue comme le dit Baillon a été excessive. Elle n'est pas encore passée. On le prescrit encore beaucoup en Allemagne et en Suisse sous forme de sirop et d'infusion aqueuse.

C'est sous son image qu'on a été jusqu'à inscrire : Præsentem ostendit quælibet herba Deum.

On l'a aussi employé comme remède contre les serpents. Les Indiens paraissent l'avoir usité contre la morsure des crotales. Ceci semble avoir été principalement le cas chez les Indiens Seneca qui ne sont aujourd'hui pas encore complètement éteints et qui constituaient autrefois l'une des cinq nations des Iroquois (Fluckiger). Martius indique aussi l'emploi de *P. ungulata* DC (P. Poya Mart.) plante du Brésil méridional comme vomitif à la manière de l'Ipecacuanha.

Enfin M. Hæckel et Schlagdenhauffen nous ont appris l'importance de P. butyracea comme plante oléagineuse.

On voit que l'importance des Polygalacées au point de vue de leur emploi est peu considérable.

Quelques espèces sont réputées vénéneuses (P. venenosa). D'après Hyeronymus (Hb) P. cyparissias St. Hil. constituerait une plante dangereuse pour le bétail en Argentine. Enfin d'autres exhalent une odeur pénétrante (P. Chamæbuxus L.).

Affinités des Polygalacées.

La famille des Polygalacées est assez isolée parmi les Dicotylées. Elle n'est étroitement alliée à aucune autre. Tous les rapprochements essayés jusqu'ici sont artificiels. De Candolle la rapprochait des Pittosporées et des Trémandrées avec lesquelles elle n'a que des ressemblances apparentes.

C'est avec les Vochysiacées et les Trigoniacées qu'elles me paraît avoir le plus d'affinités. En effet l'irrégularité florale et la monadelphie des étamines sont semblables.

Elle est aussi voisine des Sapindacées avec lesquelles les Polygalacées ont en commun le nombre d'étamines souvent réduites à huit ou quatre, libres ou soudées, les carpelles quelquefois médians (Acer), les ovules anatropes (rarement campylotropes chez quelques Sapindacées), le disque intrastaminal qui se trouve aussi chez quelques Sapindacées (Staphylea) le fruit souvent ailé, les semences souvent arillées et le plan floral tout entier.

Nous avons sorti de cette famille deux genres : *Krameria* qui appartient aux Césalpiniacées et *Trigoniastrum* dont la place dans le système est encore douteuse.

En effet ni l'une ni l'autre de ces plantes ne possèdent le pollen caractéristique des Polygalacées. Leur structure florale, la forme de leurs étamines, les feuilles (chez Krameria) sont complètement différentes.

On peut formuler comme suit les caractères généraux des Polygalacées :

Herbes, arbustes ou arbres (Xanthophyllum) à feuilles simples, ordinairement entières, sans stipules, rarement stipulées et alors les stipules sous forme de pointes cornées ou d'écussons foliacés (Monnina, Securidaca), alternes, opposées ou verticillées, à poils ordinairement simples et unicellulaires, rarement et tardivement cloisonnés (*Bredemeyera*, *Xanthophyllum*) droits ou légèrement recourbés, lisses ou chagrinés à leur surface, jamais glanduleux, jamais rameux.

Fleurs disposées en grappes, en épis, ou en grappes composées, ordinairement nombreuses. Feuille préflorale ordinairement plus longue que les deux bractéoles toujours développées.

Calice pentamère, à cinq sépales libres ou rarement deux antérieurs soudés (*Hebeclada, P. Huillensis* et aff.) ou tous soudés en tube (*Moutabea*); le sépale impair médian est postérieur. Corolle pentamère toujours zygomorphe, à pétale impair, médian antérieur toujours plus ou moins cuculliforme ou concave, ordinairement plus grand que les autres, rarement plus petit, souvent muni d'une crête dorsale. Deux pétales supérieurs jamais soudés entre eux (sauf chez *Moutabea*), *mais toujours sou-*

dés plus ou moins avec le tube staminal ou avec une étamine. Deux pétales latéraux, ordinairement supprimés ou très réduits ou développés (*Xanthophyllum*, *Carpolobia*). Pétales ou tous soudés avec les sépales et le tube staminal en une monadelphie (Moutabea) ou libres d'adhérence avec le calice, mais plus ou moins soudés avec le tube staminal ou les étamines. 10 étamines en deux séries alternes, normales, dont les deux médianes avortent ordinairement congénitalement, ou sept avec restitution de l'étamine antérieure médiane, ou cinq par suppression d'un verticille (*Carpolobia*) ou quatre par suppression du verticille intérieur dans le premier type, à filets ordinairement soudés en une monadelphie complète ouverte du côté postérieur, ou en fausse diadelphie (monadelphie profondément bifide) (*Bredemeyera*) ou a peu près libres d'adhérence entre elles (*Xanthophyllum*), mais toujours soudées plus ou moins par leur base avec les pétales supérieurs. Anthères toujours basifixes à deux ou à trois (*Chamœbuxus*) logettes, finalement à une seule loge, sans stomates. Pollen présentant des épaississements de la paroi, longitudinaux, plus ou moins nombreux, interrompus par une zone équatoriale d'amincissement, ce qui donne à cette cellule l'apparence d'un tonneau avec ses douves. Déhiscence des anthères introrses se faisant toujours par une ouverture subterminale. Disque intrastaminal ou complet ou réduit à une glande postérieure ou totalement supprimé.

Pistil formé par deux carpelles médians. Ovaire ordinairement biloculaire à loges uniovulées (rarement uniloculaire et à placentation pariétale (*Xanthophyllum*). Style simple droit ou courbé. Stigmate simple ou bilobé, de forme très variable. Ovules anatropes, à raphé dirigée contre la cloison. Fruit une capsule biloculaire; disperme, déhiscente, ou indéhiscente, ou par avortement uniloculaire, monosperme, ou une samare ailée ou non ailée, quelquefois baccien ou drupacé ou nucamenteux. Semences souvent arillées, ordinairement poilues, albuminées ou exalbuminées. Embryon droit dicotylé à radicule regardant le hile.

Tissus caractérisés par l'absence de vaisseaux lacticifères, par la per-

foration simple des vaisseaux, par la prédominance des fibres ligneuses ponctuées aréolées dans le bois (fibrotracheïdes) et par l'exiguïté des rayons médullaires; racine primaire, à structure toujours binaire. Pollen caractéristique pour la famille tout entière. Poils jamais ramifiés, ordinairement unicellulaires rarement et tardivement cloisonnés.

Classification et subdivision des Polygalacées.

Bentham et Hooker dans leur « Genera Plantarum » ont décrit quinze genres de Polygalacées : ***Polygala, Salomonia, Badiera, Monnina, Muraltia, Mundia, Comesperma, Bredemeyera, Securidaca, Carpolobia, Phlebotaenia, Trigoniastrum, Xanthophyllum, Moutabea, Krameria.*** M. A.-W. Bennet leur ajoute (Fl. Brasil.) encore deux autres genres ***Acanthocladus*** Klotsh et ***Hualania*** Philippi, ce qui monterait à dix-sept le nombre des genres de cette famille[1]. Or deux de ces genres doivent être maintenant définitivement exclus de cette famille : ce sont ***Krameria*** et ***Trigoniastrum.*** Ni l'un ni l'autre ne possèdent le pollen caractéristique de cette famille si naturelle, leur orientation florale est différente. Comme Grisebach l'a déjà démontré il faut faire des Krameria une petite famille se rattachant aux Légumineuses (Césalpiniées), à cause de leur orientation florale, et de leurs feuilles typiquement composées. Quant à ***Trigoniastrum*** ses affinités sont très obscures, il conviendrait cependant de le rattacher aux Vochysiacées par les Trigoniées dont il a la structure florale. En outre ***Padiera, Phlebotaenia*** et ***Acanthocladus*** ne sont pas génériquement distincts de ***Polygala,*** ils possèdent en effet la capsule et la structure florale de ce genre si variable. ***Salomonia,*** au contraire, qui a été réuni à Polygala par M. Baillon, s'en distingue par la suppression d'un verticille d'étamines, par ses fleurs en épis, et ses capsules à la fois loculicides et septifrages. ***Bredemeyera*** et ***Comesperma,*** ainsi que ***Hualania,*** forment un genre unique dont ils ne sont que des sections. En effet Comesperma ne diffère de ***Bredemeyera*** que par son port, ses feuilles

[1] Voir aussi à ce sujet Hasskarl in Mus. Batav.

beaucoup plus petites, ses inflorescences en grappes et non en panicule, et par le tube staminal subdiadelphe, tandis qu'il est submonadelphe chez l'autre.

Le caractère de l'indument des semences indiqué par M. A.-W. Bennet n'est pas réel; on peut constater en effet tous les passages entre les graines chevelues sur toute leur surface ou seulement au sommet. *Hualania* ne diffère que par le calyce persistant.

Bentham et Hooker ainsi que M. Bennet considèrent *Xanthophyllum* et *Moutabea* comme anormaux. Ils représentent au contraire un type peut-être ancien, tendant à la régularité florale, leurs cinq pétales sont parfaitement formés. Quoi qu'il en soit, ils forment les deux extrémités de la chaîne des genres polygalacéens, car si *Xanthophyllum* représente le type le plus antholysé, c'est-à-dire celui où les organes floraux montrent le moins d'adhérence, Moutabea nous montre celui où tous les verticilles à l'exception du gynécée, sont soudés en un tube complet.

Les autres genres se groupent en deux séries, la première représentée par les genres *Polygala*, *Securidaca, Monnina, Bredemeyera* et *Salomonia*, où l'étamine médiane de chaque verticille a été supprimée, c'est-à-dire qui compte huit étamines normales, la seconde représentée par *Muraltia*, *Mundia* (et non Mundtia comme l'écrivent Bentham et Bennet) et *Carpolobia,* où le verticille extérieur staminal est comme dans la première série, mais où il y a développement de l'étamine médiane dans la seconde série, avec suppression des deux étamines opposées aux pétales supérieurs.

Diagnoses generum Polygalacearum.

a) Stamina 8; corolla ope tubi staminalis plus minusve gamopetala, postice fissa; petala 5, quorum duo lateralia aut desunt aut squamiformia apparent; sepala libera.

Polygala L., Herbæ vel frutices, foliis alternis, oppositis, vel verticillatis. Carina cristata vel nuda. Fructus capsularis, bilocularis, loculicide

dehiscens, septo persistente. Semina varia, strophiolata vel non (Totius orbis terrarum).

Bredemeyera Wild. Herbæ, vel frutices scandentes, foliis alternis. Carina nuda. Fructus capsularis, bilocularis, loculicide dehiscens, septo persistente, spathulatus, longe basi attenuatus. Semina coma longissima donata (Americanæ et Australenses).

Securidaca Linn. Suffrutices vel frutices, foliis alternis. Carina nuda vel cristata. Fructus monospermus, indehiscens, siccus, ala sæpe magna e facie ventrali proveniente, samaroideus. Semen estrophiolatum.

Monnina Ruiz. et Pav. Herbæ vel suffrutices, foliis alternis. Carina ecristata. Fructus siccus, indehiscens, bilocularis, dispermus vel sæpius monospermus, nunc ala membranacea cinctus, nunc exalatus.

b) Stamina 4 vel 5, corolla ope tubi staminalis plus minusve gamopetala, postice fissa; sepala libera.

Salomonia Lour. Herbæ, foliis alternis. Petala 3, superiora et inferius. Carina ecristata. Fructus capsularis bilocularis margine dentatus, loculicide dehiscens, septo transverse fracto, ita ut valvæ duæ formentur.

c) Stamina septem; corolla ope tubi staminalis plus minus gamopetala, postice fissa : petala 5 quorum duo lateralia sæpe desunt; carina cristata vel ecristata; sepala libera.

Muraltia Neck. Herbæ vel suffrutices, foliis fasciculatis. Sepala subæqualia. Carina cristata. Petala lateralia desunt. Fructus capsularis, bilocularis, apice sæpissime 4 cornis, loculicide dehiscens.

Mundia HBK. Suffrutices, foliis alternis coriaceis minimis. Sepala inæqualia, 2 aliformia. Petala lateralia desunt vel squamiformia. Fructus drupaceus, bilocularis, dispermus vel monospermus. Semina nuda.

d) Stamina 5; petala 5 bene evoluta. Corolla ope tubi staminalis plus minus gamopetala. Carina ecristata.

Carpolobia Don. Suffrutices foliis herbaceis, beneevolutis, alternis. Sepala inæqualia, duo aliformia. Petala 5 æquilonga. Fructus drupaceus bilocularis. Semina pilis densissimis crispulis lanata.

e) Stamina 8; petala 5 subæqualia haud in tubum coalita; staminum filamenta haud in tubum concrescentia. Ovarium uniloculare, placentis parietalibus; ovulis in quaque placenta biseriatis. Fructus : nux monosperma.

Xanthophyllum Roxb. Arbores vel frutices, foliis alternis coriaceis magnis; discus annularis inter androceum et gynæceum.

f) Stamina 8; sepala, petala (5) ope tubi staminalis in tubum haud fissum coalita. Ovarium biloculare.

Moutabea Aubl. Frutices; antheræ sessiles; stigma capitatum.

M. Vesque dans un intéressant travail sur les caractères anatomiques des Polygalacées (v. nouvelles annales du Museum) a essayé d'établir une division des Polygalacées d'après leurs caractères anatomiques. Je ne puis le suivre que sur fort peu de points et ne partage nullement son enthousiasme pour les caractères tirés de l'examen histologique tel qu'il le comprend. Lorsqu'un monographe veut se rendre compte de la valeur de tel ou tel caractère morphologique, il étudie avant tout l'ensemble des espèces constituant le genre. Ce n'est qu'alors et seulement à ce moment qu'il peut se rendre compte de l'universalité des caractères qui peuvent être des caractères de famille ou de genres.

Or je ne sache pas que les histologistes aient plus de raisons pour s'affranchir de cette condition *sine qua non* de tout travail d'ensemble pour qu'il soit fructueux, à savoir : que la somme totale ou une somme très grande d'espèces doit avoir été examinée. Quoiqu'il en soit, certains caractères anatomiques ont une valeur facile à appliquer. Ainsi la présence de cellules fibreuses grandes et ramifiées dans le parenchyme de Moutabea est caractéristique pour ce genre. L'anneau libéroligneux complet dans le pétiole de Xanthophyllum et Moutabea est aussi un caractère de haute importance. Il ne faut cependant pas oublier que ce caractère se retrouve ou tout du moins est indiqué dans quelques Securidaca.

Tératologie.

On peut comprendre un fait normal comme la cléistogamie sous la

rubrique tératologie. En effet les fleurs cléistogames sont ordinairement des fleurs réduites, souvent atrophiées et ne diffèrent d'un cas tératologique que par la fréquence de leur apparition.

P. polygama Walt. nous offre un exemple très curieux de cléistogamie. Chez cette plante il se développe outre les fleurs terminales normales des grappes basilaires dépourvues de feuilles ou munies seulement d'écailles décolorées. On y trouve les fleurs à divers états de développement.

Tantôt les organes sont tous conservés mais rudimentaires. On trouve alors les trois sépales normaux mais petits, les ailes réduites et sans chlorophylle, les pétales supérieurs presque deux fois plus courts que la carène, cette dernière elle-même sans onglet et portant une crête rudimentaire. Les huit étamines sont encore conservées comme dans les fleurs normales mais le tube est plus court. L'ovaire est gros et remplit toute la fleur. Le style est supprimé et les stigmates sessiles. Les anthères sont appliquées sur le sommet de l'ovaire.

Dans d'autres la réduction est plus avancée : les cinq pétales existent encore mais la carène a disparu. On trouve encore deux petits pétales supérieurs rudimentaires soudés avec la base du tube staminal qui est excessivement court (v. fig. sub. P. polygama) et qui porte cinq étamines appliquées sur le sommet de l'ovaire dépourvu de style ou de stigmate.

D'autres fois enfin la carène persiste, les pétales supérieurs sont comme dans le cas précédent très rudimentaires.

Malgré ces malformations les semences se développent très normalement. Je ne leur ai trouvé aucune différence avec les semences de fleurs normales.

On trouve souvent parmi les fleurs des grappes terminales quelques-unes qui présentent les mêmes anomalies que celles des grappes basilaires.

Toute cette structure est évidemment celle d'une fleur cléistogame ne pouvant se féconder que par son propre pollen.

Je ne connais pas d'autre exemple de cléistogamie chez les Polygalacées.

Les cas tératologiques sont rares dans cette famille. L'un des plus intéressants est celui que j'ai décrit dans les *Archives des sciences*, t. XXII, année 1889.

I. Polygala vulgaris.

Je dois à l'obligeance de M. Schmidely à Genève la connaissance de *Polygala vulgaris subsp. comosa* var. *pyramidalis* nob., très intéressants à cause de leurs organes floraux transformés. Ces plantes ont été récoltées par lui près de Vésenaz. Je ne les ai vues que sèches. Leur bonne conservation m'a cependant permis d'en faire l'étude. Un des échantillons était rameux à la base; vers le milieu il s'épaississait présentant une tige ayant tout l'apparence d'une fasciation, et se terminait par une grappe bifurquée au sommet. Les autres échantillons ne présentaient pas cette fasciation à un si haut degré. La plupart des fleurs étaient anormales. Trois formes ont présenté un véritable intérêt au point de vue du diagramme général des Polygalacées. On sait que ces plantes ont leurs fleurs sur le type 5, avec des suppressions plus ou moins nombreuses[1] : Chez nos Polygala deux pétales latéraux manquent complètement ainsi que l'étamine médiane du verticille intérieur et extérieur. Cette suppression dans l'androcée est normale pour toute la famille à l'exception de *Muraltia* et *Salomonia* qui en présentent d'autres. J'ai déjà indiqué succinctement, autre part[2], pourquoi le type 5 est quand même typique pour cette famille. Les monstruosités que j'ai étudiées sur les exemplaires qui m'ont été remis par M. Schmidely viennent encore confirmer la théorie de la pentamérie des Polygala.

Première modification.

Sépales extérieurs normaux, ailes normales, corolle à cinq pétales

[1] Chodat, Notice sur les Polygalacées. *Arch. des sc. phys. et nat.* 1887.

[2] Notice s. Poly., loc. cit.

inégaux libres; androcée monadelphe à 10 étamines plus ou moins foliacées, ovaire avorté, style allongé, stygmates modifiés (Pl. I, fig. 28-32).

Dans cette singulière monstruosité, le pétale supérieur était spatule, plan, mais non cuculliforme (fig. 32), sa marge terminale était ciliée, il portait un appendice en forme de crête. Les deux pétales supérieurs qui sont conservés dans la fleur normale et soudés au tube staminal présentaient des découpures à leur extrémité et portaient une étamine sur leur marge antérieure (fig. 31). Le filet de cette dernière était soudé au bord du pétale, tandis que l'anthère était proéminente; les deux pétales qui avortent toujours dans la forme normale étaient très bien développés et avaient la même forme que les ailes, ainsi que leur coloration (fig. 29). Leur position était tout à fait normale et ne laissait aucun doute sur leur identité. Les huit autres étamines étaient soudées ensemble par leurs filets en une colonne irrégulière se divisant au sommet en huit lobes foliacés, irrégulièrement découpés. Chacun de ces lobes portait un rudiment d'anthère (fig. 28).

Seconde modification.

Sépales extérieurs normaux, ailes normales, corolle à cinq pièces, pétale supérieur ligulé, très étroit, portant sur son dos un appendice petit, foliacé, soudé dans presque toute sa longueur au tube staminal, pétales supérieurs normaux, pétales latéraux libres un peu plus petits que les ailes et de même couleur.

Tube staminal complètement fermé, non fendu, entourant de toutes parts le pistil, dépourvu d'anthères, muni de dix faisceaux. Pistil normal (fig. 27).

Cette modification diffère principalement de la précédente par son androcée en tube parfait.

Il était à prévoir que si l'on rencontrait des Polygala à dix étamines, ces dernières seraient soudées en une monadelphie tubulée et non plus

ouverte du côté supérieur comme dans le cas normal. J'ai déjà une fois observé un cas de pentamérie parfaite chez les Polygala.

Cette observation avait été faite sur une fleur trop jeune pour qu'on pût savoir comment se comporterait cette dixième étamine vis-à-vis des autres. Demeurerait-elle libre à la façon de la dixième chez beaucoup de Papilionacées? On voit que cette monstruosité est très intéressante, en ce sens qu'elle nous montre comment se comporterait cette étamine médiane supérieure, si elle se développait.

Troisième modification.

Sépales extérieurs normaux, ailes normales, corolle pentamère très réduite, pétale inférieur linéaire soudé dans toute sa longueur au tube staminal, ne dépassant pas ce dernier, pétales supérieurs normaux soudés au tube staminal, pétales latéraux lancéolés, squammiformes, très réduits, soudés au tube staminal et opposés chacun à la troisième étamine (en partant du bord de la monadelphie), androcée en tube ouvert dépourvu d'anthères et poilu à l'intérieur, muni de huit faisceaux. Pistil normal (fig. 26).

Cette monstruosité n'est à vrai dire qu'une réduction du type ordinaire; elle est moins intéressante que les deux autres. Les pétales latéraux y apparaissent sous la même forme que chez les espèces qui les possèdent normalement[1]. La carène est excessivement réduite, on ne la reconnaît plus qu'à ses faisceaux distincts de ceux du tube staminal (fig. 26[c]).

Ces monstruosités ont un réel intérêt, car elles confirment d'une part la pentamérie double de l'androcée, d'autre part l'opinion que nous avons émise (l. c. p. 43) à savoir que les pétales supérieurs sont toujours soudés au tube staminal ou aux étamines. En effet, dans notre seconde modification nous voyons malgré l'antholyse presque complète, les deux pétales supérieurs soudés aux deux étamines supérieures. Enfin elles

[1] Chodat, Notice sur les Polyg. *Arch. des sc. phys. et nat.* 1887.

montrent aussi que même chez nos *Polygala* où l'avortement de deux pétales latéraux paraît être congénital, ceux-ci apparaissent cependant quelquefois très bien conformés. Dans le genre Polygala, ils n'atteignent jamais leur complet développement; les plus grands que j'aie rencontrés appartenaient à *P. subuniflora* Boiss. et à *P. obovata* St-Hil. Jamais ils n'atteignent la dimension de ceux de nos deux premières monstruosités, si ce n'est chez *Xanthophyllum* et *Carpolobia*.

PARTIE SYSTÉMATIQUE

POLYGALACEÆ

Polygaleæ Jussieu in An. Mus. XIV, 386, mem. Mus. I, 385; DC Podr. I, 321; Kunth in HBK, nov. gen. V, 506; R. Brown in Flind. Voy. II, 542; Bartl. ord. nat. 256; St Hil. et Moq. Tand. Mem. Mus. XVII, 313; St Hil. Fl. Bras mer II, 1; Meisn. gen, Pt. 23; Lindl. Veget. Kingd, 375; Benth. et Hooker gen. pt. I, 134 et 973; Endl. Gen. pt. 1077; Griseb. Symbol. ad. fl. argentin, p. 22; Harwey in Fl. cap. I; Oliver in Fl. Centr. Afr.; Hassk, in Miq. in Mus. Lugd. Bat.; AW, Bennet in Mart Fl. Brasil fasc. LXIII, in Hook, fil. Fl. Ind. I; Baill. Histoire des Plantes V, 74, Adansonia I, 174; Vesque Nouv. ann. du Mus; Chodat in. *Arch. Sc. phys. et nat.* 1887, 1889, etc.

Character differentialis.

Flores irregulares, symmetrici, hermaphroditi, completi. Calyx inferus, sepala 5. Corolla 3-5 petala, petala sepalis alterna, petalum superius semper cucullatum, petala superiora duo semper varia longitudine cum androceo connata. Stamina4- 8, hypogyna in tubum postice fissum et cum corolla cohærentem connata v. rarissime libera. Antheræ basifixæ 3-2 loculares demuu uniloculares. Grana pollinis, ellipsoidea, vittis longitudinalibus pluribus et vitta æquatoriali alias transverse secante

instructa. Ovarium e carpidiis 2 connatis formatum, biloculare, rarissime uniloculare; [stylus unicus, stigmata varia.] si biloculare, in loculis quibusque ovulum unicum, si uniloculare pluri ovulatum. Ovula anatropa, sessilia, tegumentis duobus et nucleo composita, epinasta.

Fructus capsularis, dehiscens vel indehiscens et succulentus vel nucamentaceus, vel samaroideus. Semina varia, albuminosa vel exalbuminosa. Embryo dicotyledoneus, rectus. Cotyledones planæ radicula cylindrica majores. Plumula nulla.

Character naturalis.

Herbæ, frutices vel arbores, in omnibus regionibus, excepta Nova-Zelandia, orbis terrarum vigentes.

Radix in speciminibus annuis, tenuis basin caulis vix diametro æquans, æqualis nunquam tuberosa vel bulbosa, simpliciuscula, radicellis distichis structura binaria, fere rectangulariter insidentibus, v. in perennibus crassior, interdum tuberosa, ramosa, sub caudice sæpissime incrassata, lignosa.

Caulis herbaceus, vel basi induratus vel lignosus, vel arboreus, erectus vel adscendens erectus, nunquam prostrato-radicans, sed interdum scandens, simplex vel ramosus vel subfastigiato-ramosus, teretiusculus vel angulosus, glaber vel pilis unicellularibus, rarissime pluri cellularibus, plus minus pilosus.

Folia herbacea vel coriacea, alterna vel opposita vel verticillata, angulo-vario cauli insidentia, sessilia vel petiolata, semper simplicia et sæpissime integra rarissime denticulata vel emarginata, astipulata vel interdum stipulis orbicularibus foliosis vel aculeiformibus instructa.

Inflorescentia, racemosa vel paniculata vel spicata, vel capitata.

Flores, irregulares zygomorphi, hermaphroditi, completi, in axillis bractearum 3 solitarii, albi, lutei, rosei, cœrulei, violacei, rarius odorati.

Calyx inferus, herbaceus, vel parte petaloideus, vel glumaceus, persistens vel deciduus, 5 sepalus. Sepala sæpius 3 exteriora, herbacea quorum duo anteriora interdum plus minus sunt connata et duo lateralia

(alæ) majora, petaloidea, vel 5 glumacea vel 5 carnosa vel omnia in tubum coalita.

Petala sepalis alterna, decidua vel persistentia, semper inæqualia, colorata, inferius medianum semper plus minus cucullatum, sæpe quam alia majus, sæpe crista dorsali plurifida munitum, duo superiora cum tubo staminali semper vel cum stamine uno, plus minus connata. Petala lateralia aut deficientia aut bene evoluta, cum tubo staminali sæpe concrescentia. Petala rarius omnia (5) in tubum completum connata.

Stamina 8, vel 7, vel 5, vel 4, in monadelphiam fissam connata vel subdiadelphia, vel libera, sed semper cum petalis superioribus plus minus connata. Filamentorum pars libera varia longitudine, aut glabra aut pilosa. Antheræ basifixæ, biloculares vel 3-loculares, glabræ vel pilosæ, sine stomatibus, demum uniloculares, apice poro arcuato rimoso facie interiore dehiscentes.

Grana pollinis, ellipsoidea vel subglobosa vittis longitudinalibus et una æquatoriali alia transverse secante instructa, lutea, sæpe bi cellulares (cellula sterilis, major fertilis minor).

Discus sæpe nullus, vel annularis vel glanduliformis inter androceum et gynæceum situs.

Ovarium liberum e carpidiis duobus concrescentibus formatum, biloculare et loculis uniovulatis placentis axillaribus, vel uniloculare et pluriovulatum placentis parietalibus, glabrum vel pilosum, sessile vel gynophoro instructum.

Stylus unicus rectus vel sæpius adecendens variæ formæ.

Stigmata varia.

Ovula semper anatropa, pendentes.

Fructus capsularis bilocularis, dehiscens, vel indehiscens, samaroideus, vel carnosus vel nux, vel abortu unilocularis et monospermus.

Semina varia, sæpe evolutione integumentorum arillata, glabra vel pilosa, fusca vel nigra vel luteo-fuscescentia.

Albumen copiosum, oleosum et amylo sæpius carens, rarius cor-

neum et amylo præditum vel subnullum vel nullum. Embryo dicotyledoneus, rectus, viridis. Cotyledones planæ æquales radiculam magis quam æquantes. Plumula nulla.

Clavis analytica Generum.

1	Stamina 8	2
	Stamina minusquam 8	6
2	Stamina fere libera	10
	Stamina in monadelphiam concrescentia	3
3	Fructus capsularis dehiscens	4
	Fructus nucamentaceus, corolla gamopetala	9
	Fructus indehiscens.	5
4	Semina coma longissima donata; Fructus semper cuneatus, carina ecristata	*Bredemeyera.*
	Semina haud coma longissima donata	*Polygala.*
5	Fructus samaroideus; uno latere tantum alatus. .	*Securidaca.*
	Fructus exalatus vel ala membranacea cinctus . .	*Monnina.*
6	Herbæ; fructus capsularis non 4 cornis	*Salomonia.*
	Suffrutices vel frutices vel arbores.	7
7	Stamina 5; fructus-drupaceus	*Carpolobia.*
	Stamina 7	8
8	Fructus 4 cornis, capsularis	*Muraltia.*
	Fructus drupaceus	*Mundia.*
9	Frutex, foliis coriaceis, floribus tubulosis petalis cum sepalis staminibusque concrescentibus. . .	*Moutabea.*
10	Frutices vel arbores, foliis coriaceis floribus subregularibus petalis staminibus que subliberis, ovario uniloculari	*Xanthophyllum.*

TABULA I

Fig. 1. Plantule de P. Chamæbuxus. V. racine secondaire; *ap.* pivot.; *derm.* dermatogène; *pl.* plérome.

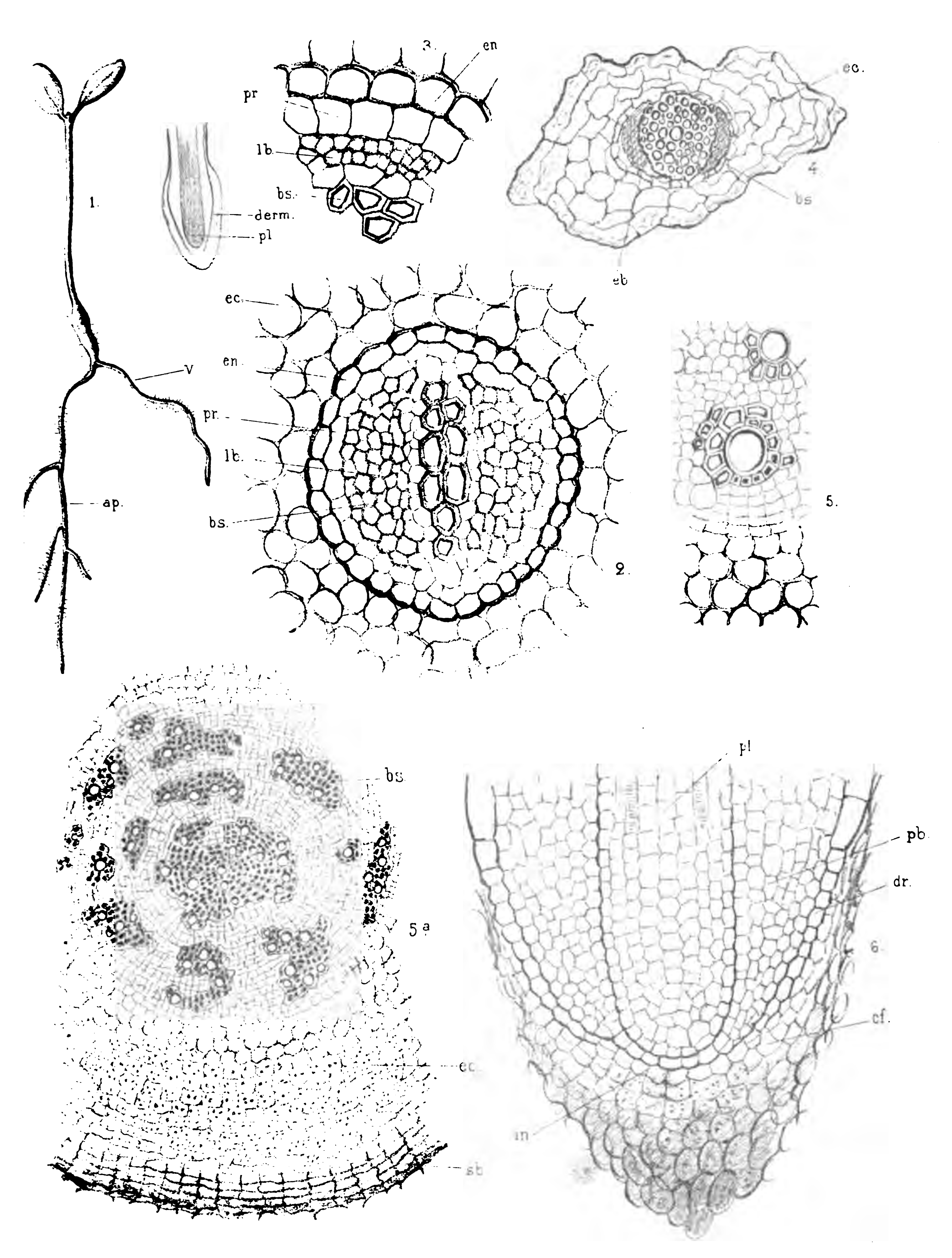
Fig. 2. Section transversale de la racine primaire de P. Chamæbuxus : *bs.* bois, *lb.* liber, *pr.* assise périphérique, *en.* endoderme, *ec.* écorce.

Fig. 3. Partie d'une section dans une racine plus âgée, mêmes lettres que dans fig. 2.

Fig. 4. Section transversale d'une racine primaire de P. paludosa.

Fig. 5. *a.* Section d'une racine de P. obovata montrant le fractionnement du bois; en 5, les îlots ligneux.

Fig. 6. Section longitudinale de la terminaison de la racine jeune de P. Chamæbuxus, *pl.* plérome, *pb.* periblème, *dr.* dermatogène, *cf.* coiffe, *in.* initiales communes au dermatogène et à la coiffe.


1.
derm.
pl
3.
en
pr
lb.
bs.
ec.
4.
bs
eb
ec.
en
V
pr.
lb.
bs.
ap.
2.
5.
bs.
5 a
ec
eb
pl
pb
dr.
6.
cf.
in

TABULA II

Fig. 1. Section de la racine de P. Timoutou, *bs.* bois, *ec.* écorce, *x.* vaisseau ponctué.

Fig. 2. Section transversale de l'axe hypocotylé de P. Chamæbuxus. *ec.* écorce, *en.* endoderme, *pr.* péricycle, *lb.* liber, *bs.* bois, *m.* moelle;

Fig. 3. *a.* Racine tubéreuse de P. Violioïdes, *b.* Section de cette racine (tuberc.), *ec.* écorce, *b.* bois.

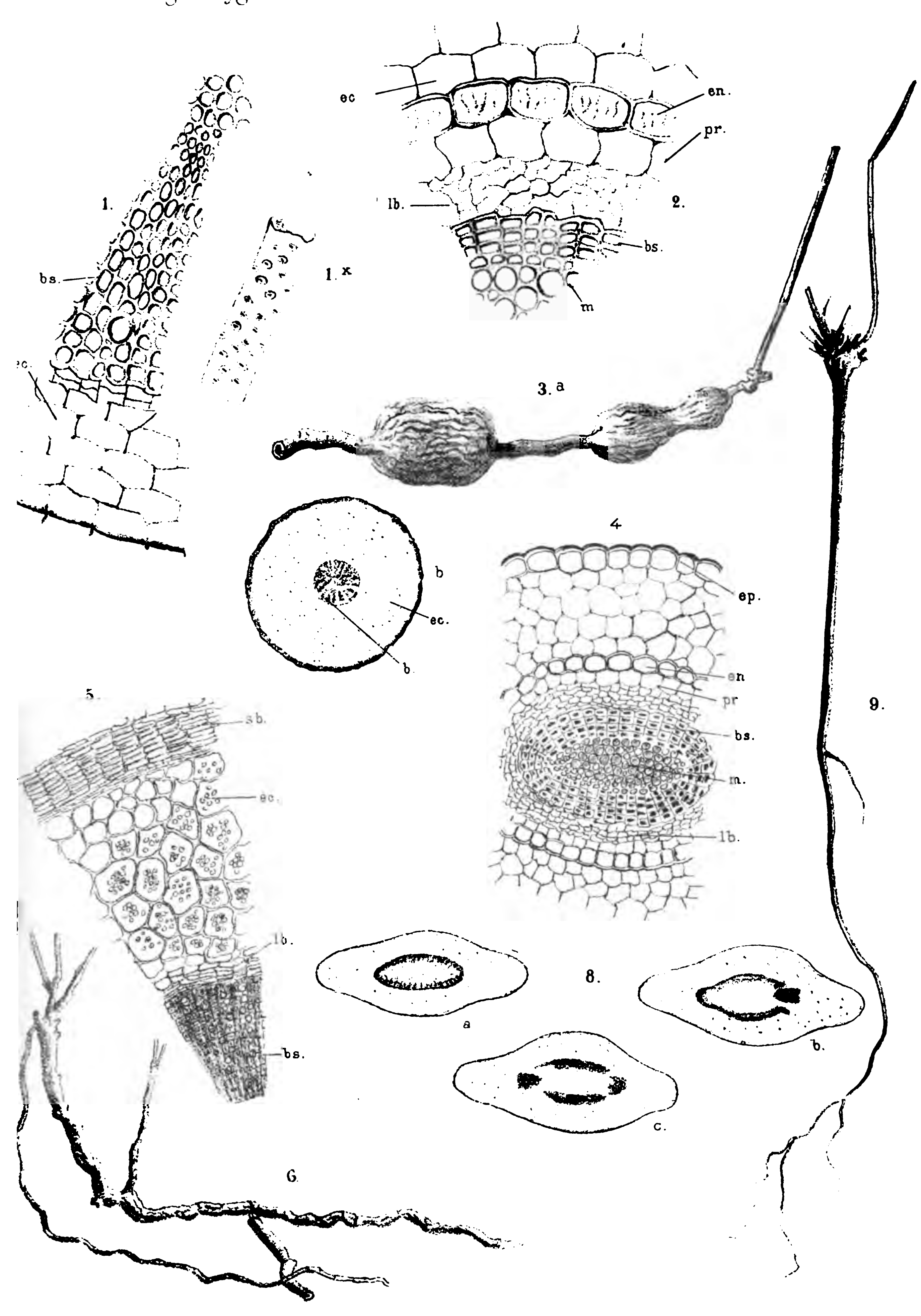
Fig. 4. Section transversale de l'axe hypocotylé de P. Chamæbuxus; les mêmes lettres que dans la fig. 2.

Fig. 5. Section de la racine de P. Violioïdes *sb.* liège, *lb.* liber.

Fig. 6. Racine de P. obovata.

Fig. 8. Sections successives de l'axe hypocotylé jusqu'aux cotylédons.

Fig. 9. Racine pivotante de P. vulgaris var. palustris, d'Einsiedeln.


1.
bs.
ec.
1. x
ec
en.
pr.
lb.
2.
bs.
m
3. a
b
ec.
b
4
ep.
en
pr
bs.
m.
lb.
5.
sb.
ec.
lb.
bs.
8.
a
b.
c.
6.
9.

TABULA III

Fig. 1. Section de la tige jeune de P. vulgaris, *ep.* épiderme, *co.* collenchyme, *lb.* liber, *cb.* cambium, *bs.* bois, *m.* moelle.

Fig. 2. Section de l'axe de la panicule de Bredemeyera floribunda *f. lib.* fibres libériennes (péricycliques), *lb.* liber, *b.* bois.

Fig. 3. Section transversale de la tige de Comesperma volubilis, *f. lib.* fibres corticales, *fib.* fibres péricycliques.

Fig. 4. Section transversale de la tige de Comesperma calymega, *ep.* épiderme *f. lib.* fibres péricycliques, *bs.* bois.

Fig. 5. Section de la tige de Comesperma volubilis.

Fig. 6. Épiderme de Securidaca, en voie de division pour former l'assise subéreuse.

Fig. 7. Section de la tige de Securidaca. sp. *f. lib.* fibres libériennes et corticales, *scl.* cellules pierreuses de la moelle.

Fig. 8. Section de la tige souterraine et rampante de P. amara; le bois est ici concentré au milieu (principe mécanique).

Fig. 9. Section de la tige dressée de la même plante, le bois est périphérique.

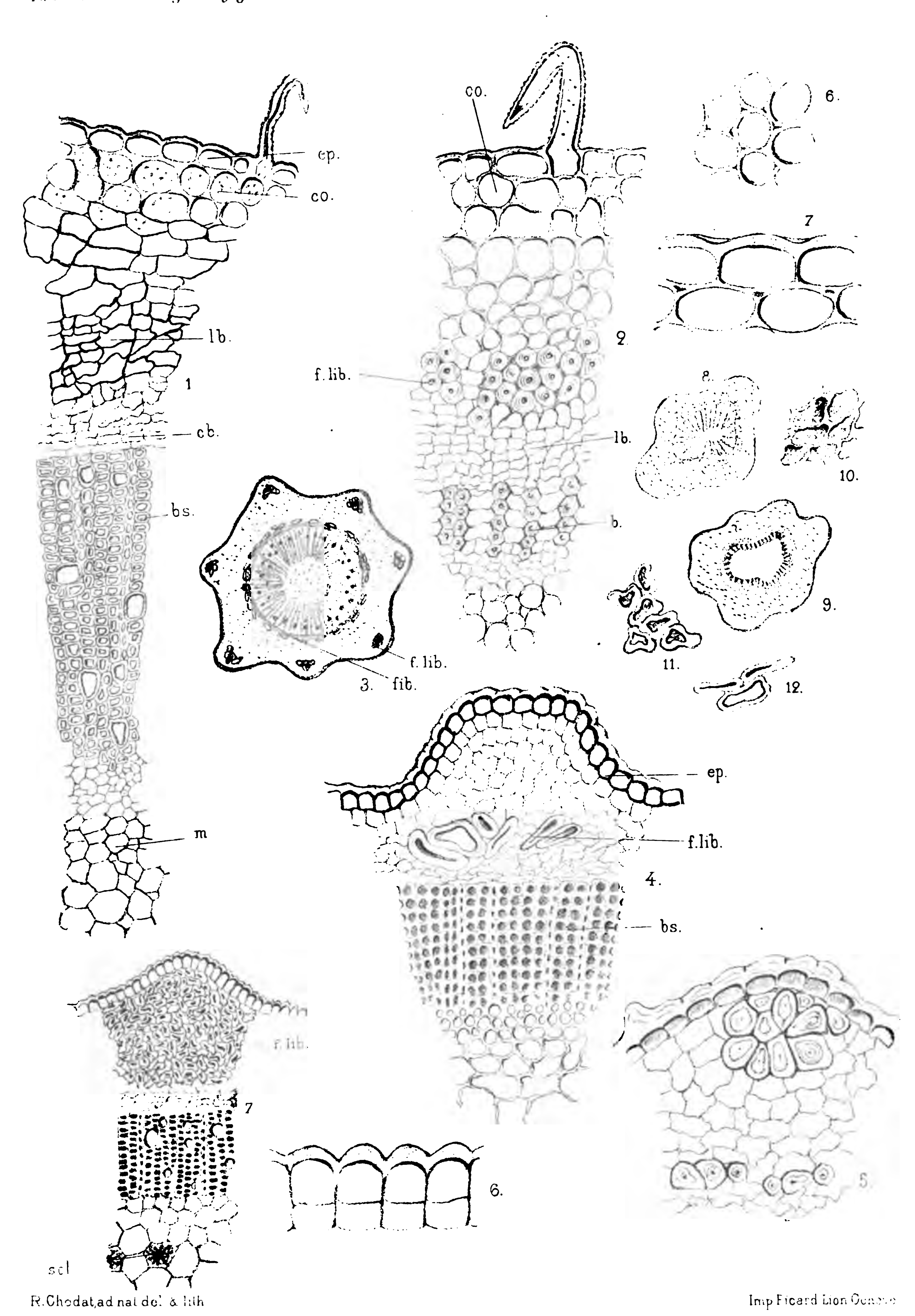
Fig. 10. Collenchyme libérien des stolons de la même plante.

Fig. 11. Fibres mécaniques de la tige dressée de la même plante.

Fig. 12. Fibres de la base de la tige de P. vulgaris var. ciliata.

Fig. 6, (à droite). Collenchyme cortical des stolons de P. calcarea.

Fig. 7, (à droite). Épiderme et hypoderme de P. amara (stolons).


ep.
co.
lb.
1
cb.
bs.
m
co.
2
f. lib.
lb.
b.
3.
f. lib.
fib.
4.
ep.
f. lib.
bs.
5
6.
7
8.
9.
10.
11.
12.
f. lib.
7
scl
6.

TABULA IV

Fig. 1. Scléreïde de la moelle de Securidaca.

Fig. 2. Épiderme de P. macroptera, avec cellules corticales et fibres libériennes.

Fig. 3. Cellules pierreuses de la moelle de P. macroptera.

Fig. 4. Épiderme et écorce de P. corisioïdes.

Fig. 5. Une des côtes de P. triquetra.

Fig. 6. Scléreïdes de la moelle de P. grandifolia.

Fig. 7. Section transversale de la tige de P. abyssinica, *ox.* macle d'oxalate de chaux.

Fig. 8. Section transversale de la tige de P. ligustroides, *ep.* épiderme, *scl.* scléreïdes corticales, *f. lib.* fibres péricycliques, *vo.* vaisseau.

Fig. 9. Section de la tige de P. leptostachys montrant une des arêtes.

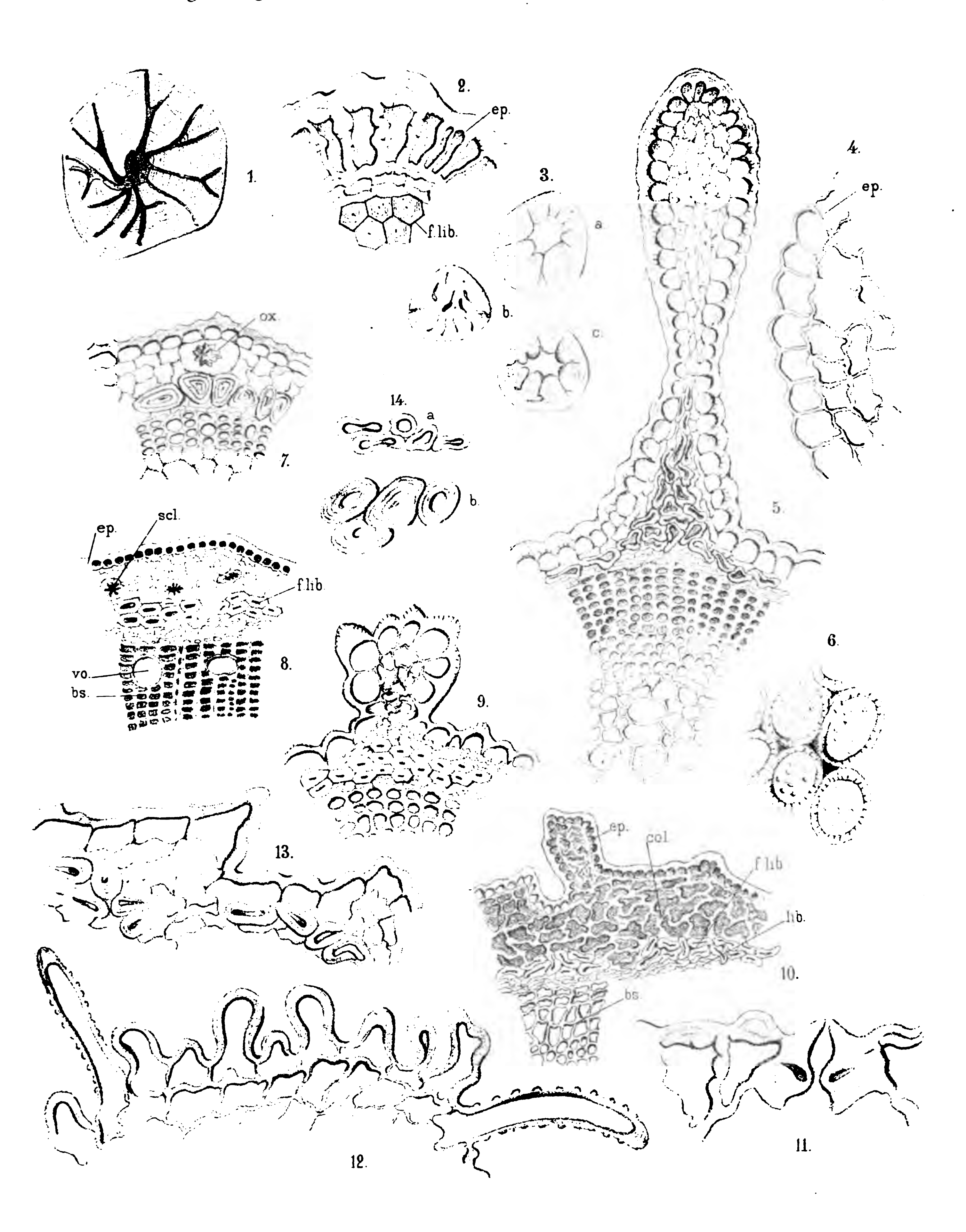
Fig. 10. Section de la tige de P. Senega.

Fig. 11. Appareil stomatique de P. macroptera.

Fig. 12. Épiderme de P. Laureola.

Fig. 14 *b*. Fibres libériennes de P. sphenoptera.

a. » » de P. rupicola.



P. Chodat ad nat. del. & lith.

Imp. Ricard-Lion Genève

TABULA V

Fig. 1. Perforation des vaisseaux.

Fig. 2 *a*. Poil de Bredemeyera brevifolia.

b. » base montrant la cloison.

Fig. 3. Poils de Securidaca Kunthiana.

Fig. 4. Section transversale de la tige de Moutabea guyanensis, *bs. p.* premier bois normal, *bs. s.* second bois anormal.

Fig. 5. Épiderme et hypoderme scléreux de la tige de Moutabea.

Fig. 6. Section de eette tige, *scl.* scléreïdes, *c. p.*, cellules pierreuses de l'écorce, *fb.* fibres libériennes, *bs.* bois anormal, *fb. r.* fibres intercalées.

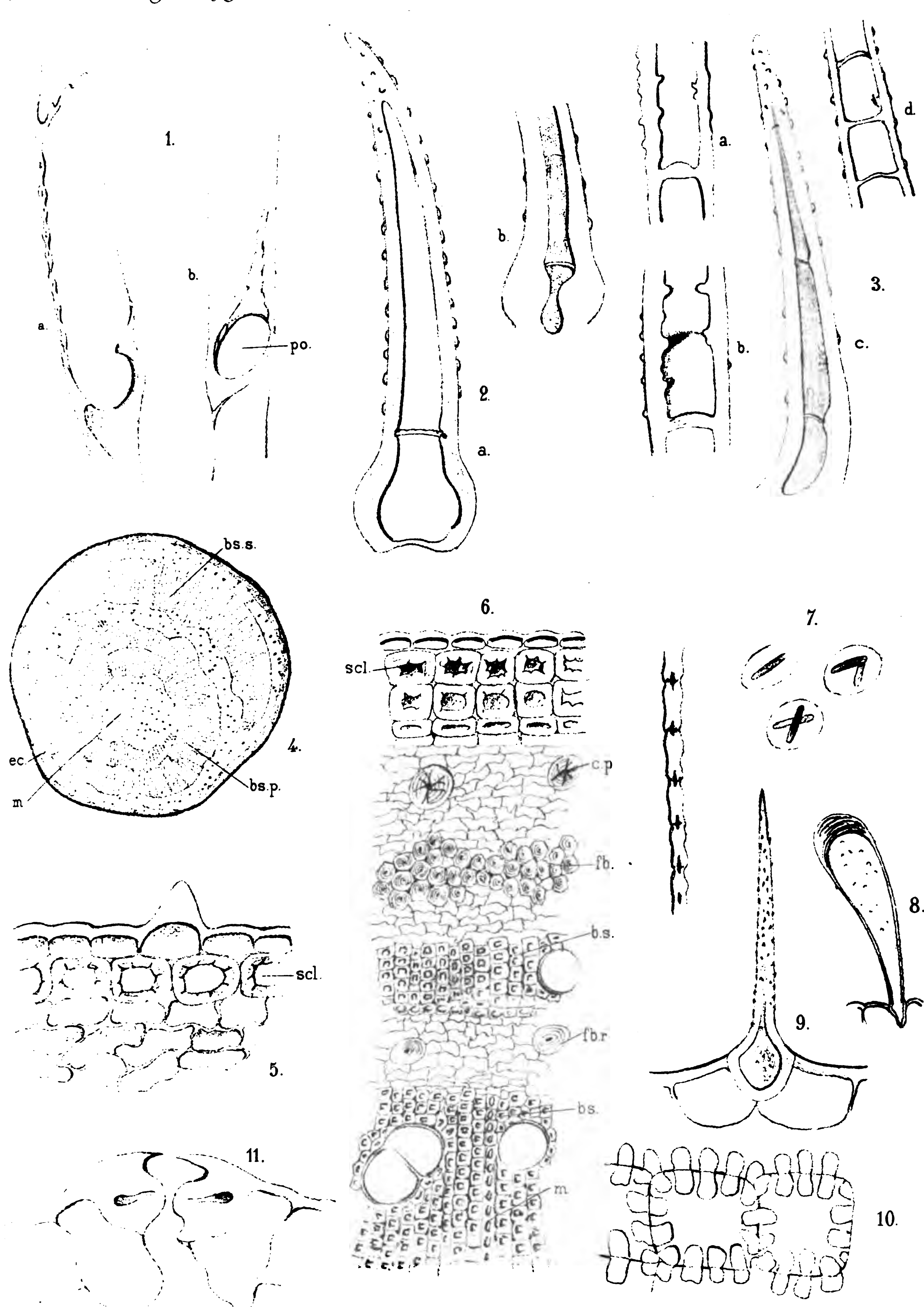
Fig. 7. Ponctuations des vaisseaux.

Fig. 8. Poil de P. Senega.

Fig. 9. » de P. macradenia.

Fig. 10. Cellules médullaires du bois de Moutabea.

Fig. 11. Stomates de P. oxycoccoïdes.


1.
a.
b.
po.
2.
a.
b.
3.
a.
b.
c.
d.
bs.s.
ec.
m
bs.p.
4.
scl.
5.
6.
scl.
c.p
fb.
b.s.
fb.r
bs.
m.
7.
8.
9.
10.
11.

TABULA VI

Fig. 1. *a*. Épiderme de la glande de P. Chamæbuxus. *St*. stomate aquifère.
b. Cellules du parenchyme de la glande.

Fig. 2. Section longitudinale d'un ovule de P. Chamæbuxus, *ar*. arille formé aux dépens de la primine, *nu*. nucelle.

Fig. 3. Section longitudinale du même ovule, la primine est enlevée; *sec*. secondine, *nu*. nucelle; *em*. sac embryonnaire. Dans le col on voit des cellules provenant de la désagrégation du sommet du nucelle.

Fig. 4. Sac embryonnaire de P. Chamæbuxus (sommet) *ov*. œuf, *sgd*. synergides.

Fig. 5. Sac embryonnaire de P. Chamæbuxus, le noyau secondaire n'est pas encore formé.

Fig. 6. Sommet du nucelle en voie de désagrégation.

Fig. 7. *a*. Ovule de P. vulgaris jeune, avec le nucelle et la secondine.
b. Le même avec le commencement des deux téguments.

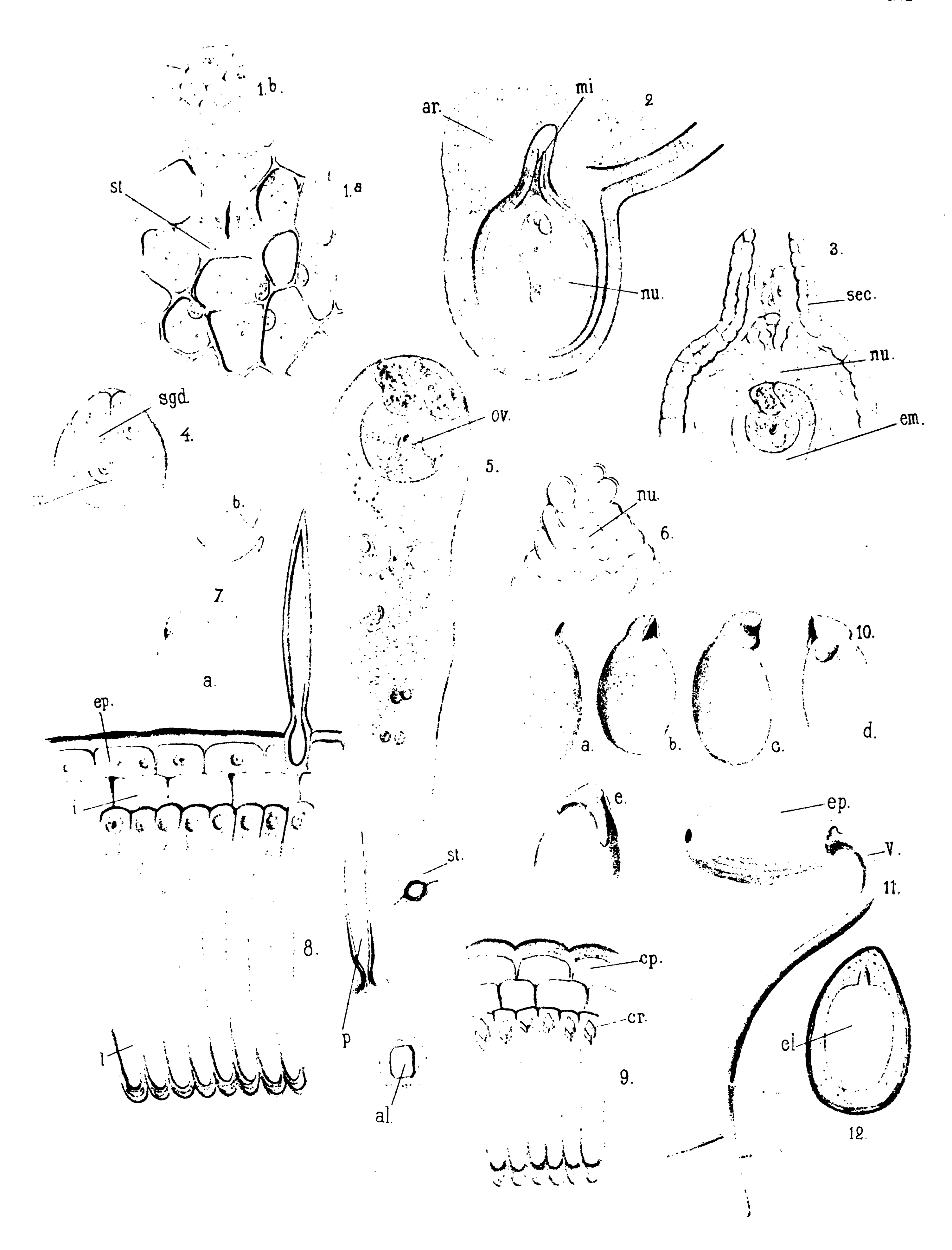
Fig. 8. Section du test jeune de la semence de P. Chamæbuxus, *ep*. épiderme, *i*. hypoderme, *l*. cellules allongées pallissadiques, le noyau est à la partie supérieure, *p*. poil de la semence, *st*. stomate, *al*. grain d'aleurone avec cristalloïde.

Fig. 9. Section du test de Muraltia, *cr*. cristal d'oxalate de calcium.

Fig. 10. Semences à divers états de développement. P. vulgaris, formation de l'arille, *a–e*.

Fig. 11. Germination de la semence de P. Chamæbuxus, le test est enlevé, *v*. racine, *ep*. réserve (albumen).

Fig. 12. P. dichotoma, section de la semence, *el*. embryon.



R. Chodat ad nat. del & lith.

Imp. Picard Lion. Geneve

TABULA VII

Fig. 1. Section transversale de l'anthère jeune de P. Chamæbuxus; on ne voit que la partie postérieure, *m*. cellules mères du pollen.

Fig. 2. Même section montrant la disposition des trois groupes de cellules mères.

Fig. 3. Cellule mère du pollen avec les grains polliniques, entourés encore de leur cellule mère spéciale.

Fig. 4. Cellules mères du pollen non encore divisées.

Fig. 5. Cellules mères du pollen en voie de division.

Fig. 6. Grain de pollen de P. Chamæbuxus, *a* avec la zone équatoriale non distendue, *b* avec la zone équatoriale distendue.

Fig. 7. Pollen de Xanthophyllum.

Fig. 8. Pollen vu en coupe équatoriale optique.

Fig. 9. Le même plus jeune.

Fig. 10-12. Division du noyau primaire.

Fig. 13. Orientation des deux cellules avec leurs noyaux.

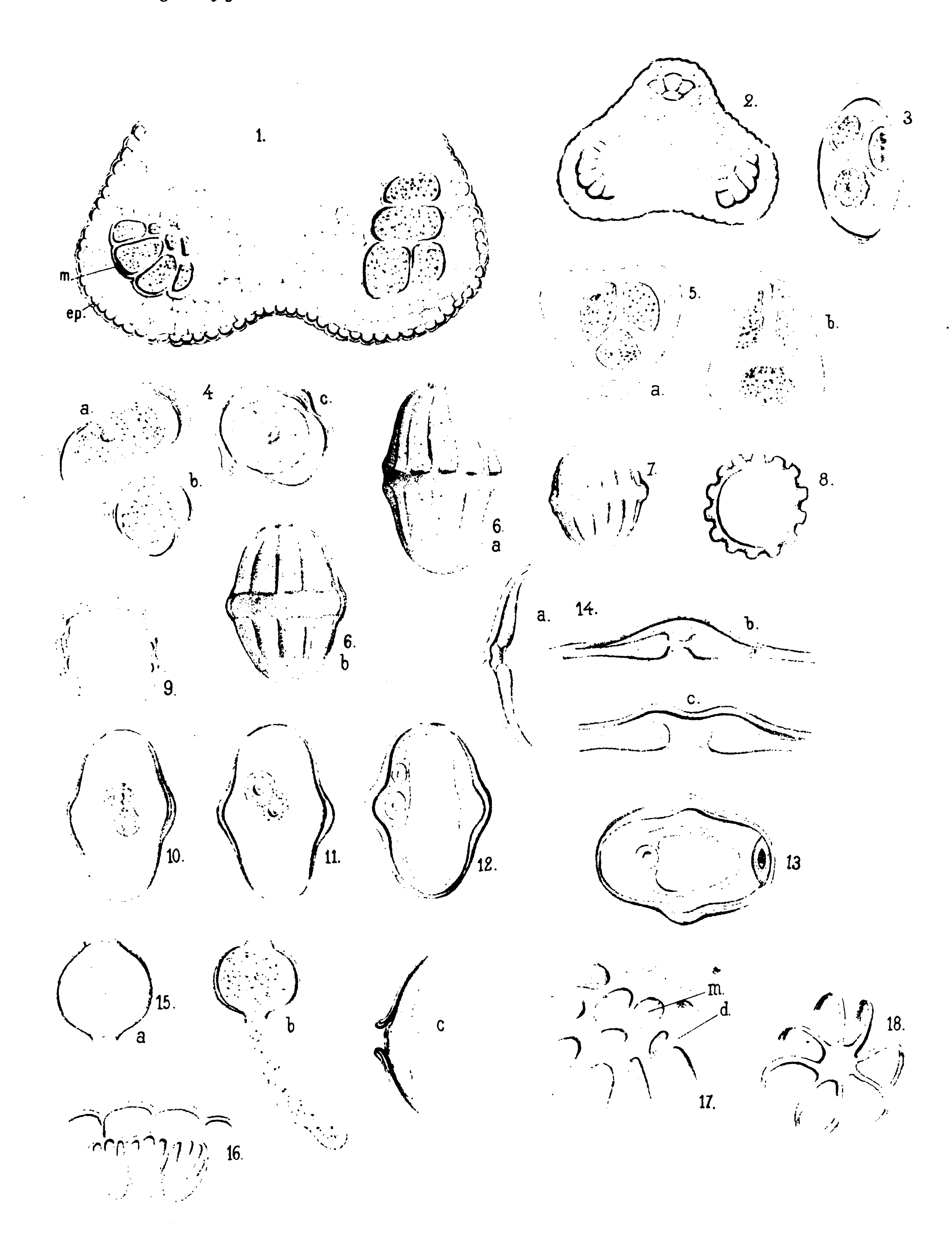
Fig. 14. Portion de la paroi du grain pollinique, les diverses zones apparaissent nettement.

Fig. 15. Germination du grain pollinique *a-c*. (P. Chamæbuxus).

Fig. 16. Épiderme et cellules de déhiscence de l'anthère de P. Chamæbuxus.

Fig. 17. Sommet du grain de pollen de P. Chamæbuxus, les parties épaissies sont tenues en blanc.

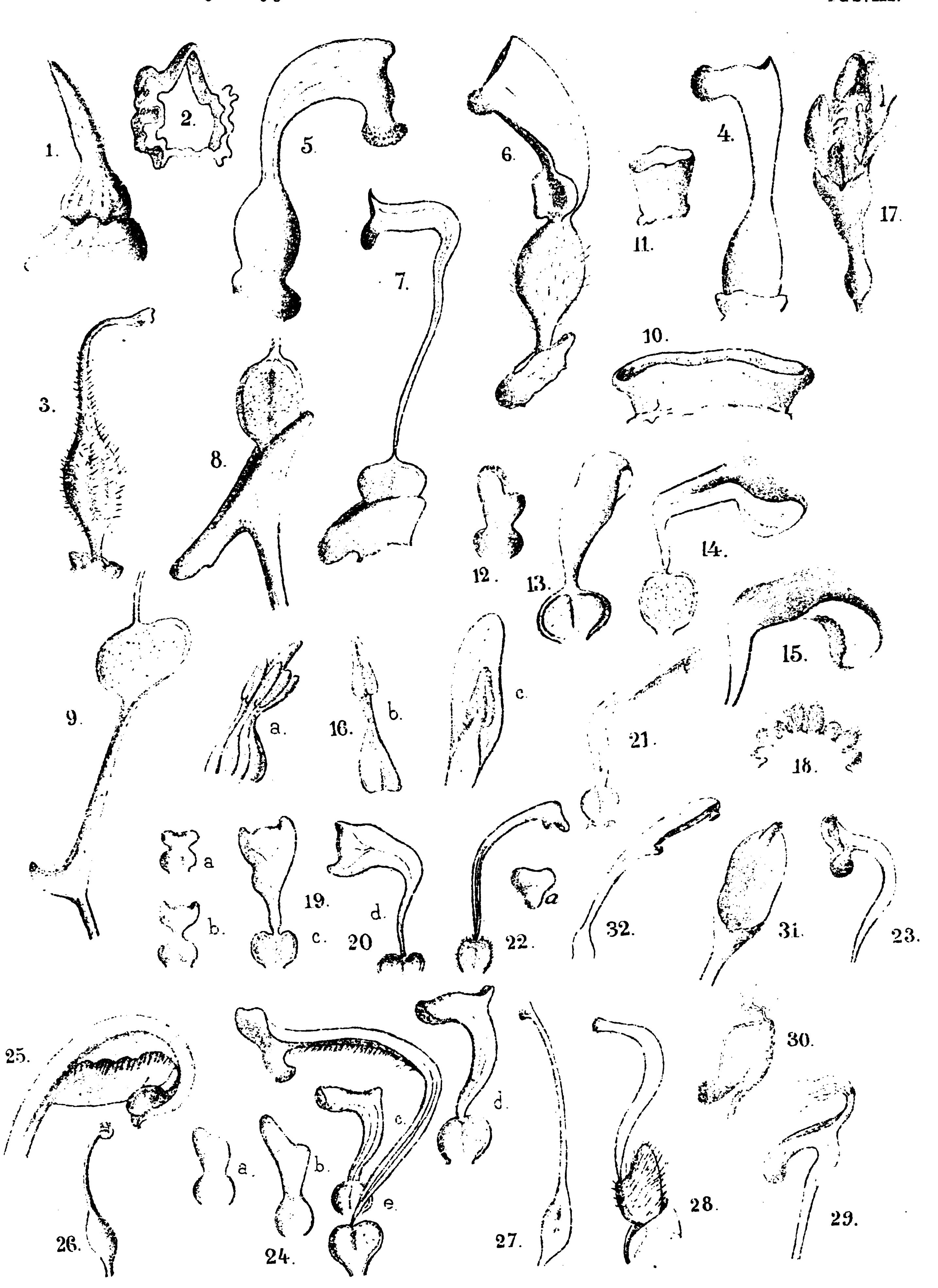
Fig. 18. Épaississement des cellules de déhiscence.



R. Chodat ad nat del & lith. Imp Picard Lion Genève

TABULA IX

Fig. 1. Pistil de Xanthophyllum vitellinum avec le disque.
Fig. 2. Disque de Xanthophyllum seul.
Fig. 3. Pistil et disque de X. Beccarinum nob.
Fig. 4. Pistil et disque de Mundia scoparia.
Fig. 5. Pistil et disque de Monnina polygaloïdes.
Fig. 6. Pistil et disque de Monnina cordata.
Fig. 7. Pistil et disque de Polyg. pulchra.
Fig. 8. Ovaire et disque oblique de P. Rusbyi.
Fig. 9. Ovaire et disque descendant de P. cucullata.
Fig. 10. Disque de P. venenosa.
Fig. 11. Disque de P. Wattersii.
Fig. 12-15. Développement du pistil de P. Chinensis.
Fig. 16 *a*. Androcée entourant le pistil (Xanthophyllum).
b. Étamine latérale.
c. Étamine supérieure soudée par sa base au pétale supérieur.
Fig. 17. Fleur de Moutabea, les sépales sont enlevés et les pétales écartés pour laisser voir l'androcée et le stigmate.
Fig. 18. Androcée de P. Hohenhackeri.
Fig. 19-20. Développement du pistil de P. Ligustroides.
Fig. 21. Pistil de P. floribunda.
Fig. 22. Pistil de P. macradenia. *a*. stigmate vu de face.
Fig. 23. Style et stigmate de P. adoensis.
Fig. 24 *a-e*. Développement du pistil de P. virgata.
Fig. 25. Stigmate de P. Kahalariensis.
Fig. 26. Pistil de Bredemeyera.
Fig. 27. Pistil de Carpolobia.
Fig. 28. Pistil de Securidaca.
Fig. 29-30. Stigmate de Polygala à crête.
Fig. 31. Stigmate de P. Peplis Baill.
Fig. 32. Stigmate de Polygala du groupe persicariæfolia.



R Chodat ad nat del. & lith

Lith Duc Genève

TABULA X

Fig. 1. Section de la feuille de P. Chamæbuxus, nervure médiane *ep.* épiderme supérieur, ***pal.*** tissu pallissadique, *g.* gaine, ***bs.*** bois, ***lb.*** liber.

Fig. 2. Id. mais nervure secondaire, mêmes lettres.

Fig. 2. *a*. Id. Marge de la feuille.

2. *b*. Épiderme inférieur vu de face, avec stomates. *c.* et ***d***. comparaison des cellules de l'épiderme supérieur et inférieur.

Fig. 3. Épiderme de la nervure médiane de la feuille de Securidaca acuminata, *a* supérieur, *b* inférieur.

Fig. 4. Formation des stomates chez P. Chamæbuxus, feuille.

Fig. 5. Section de la feuille de Moutabea guyanensis, ***scl.*** scléreïdes.

Fig. 5 *b*. Id. ***ep.*** épiderme, ***h.*** hypoderme, ***pal.*** cellules palissadiques, ***scl.*** scléreïdes.

Fig. 6. Section du pétiole de P. Laureola, ***bs.*** bois, ***lib.*** liber, ***col.*** collenchyme.

Fig. 7. Section du pétiole de Securidaca Brownii *f.* ***lib.*** fibres libériennes.

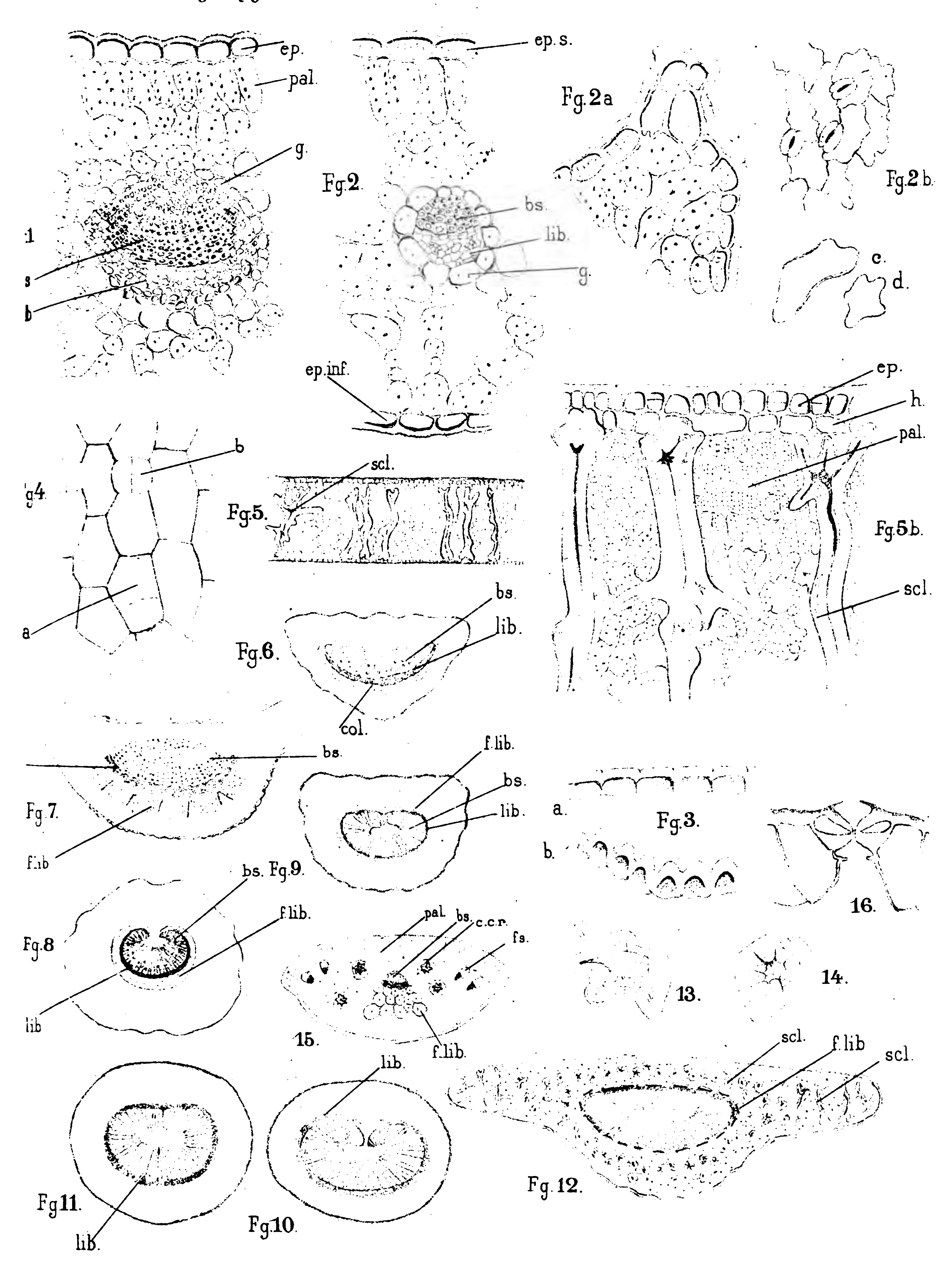
Fig. 8. Section du pétiole de Securidaca Corytholobium.

Fig. 9. Section du pétiole de S. Hostmanni.

Fig. 10-11-12. Sections successives du pétiole de Moutabea Guyanensis, ***lib.*** liber, *f.* ***lib.*** fibres libériennes, ***scl.*** scléreïdes.

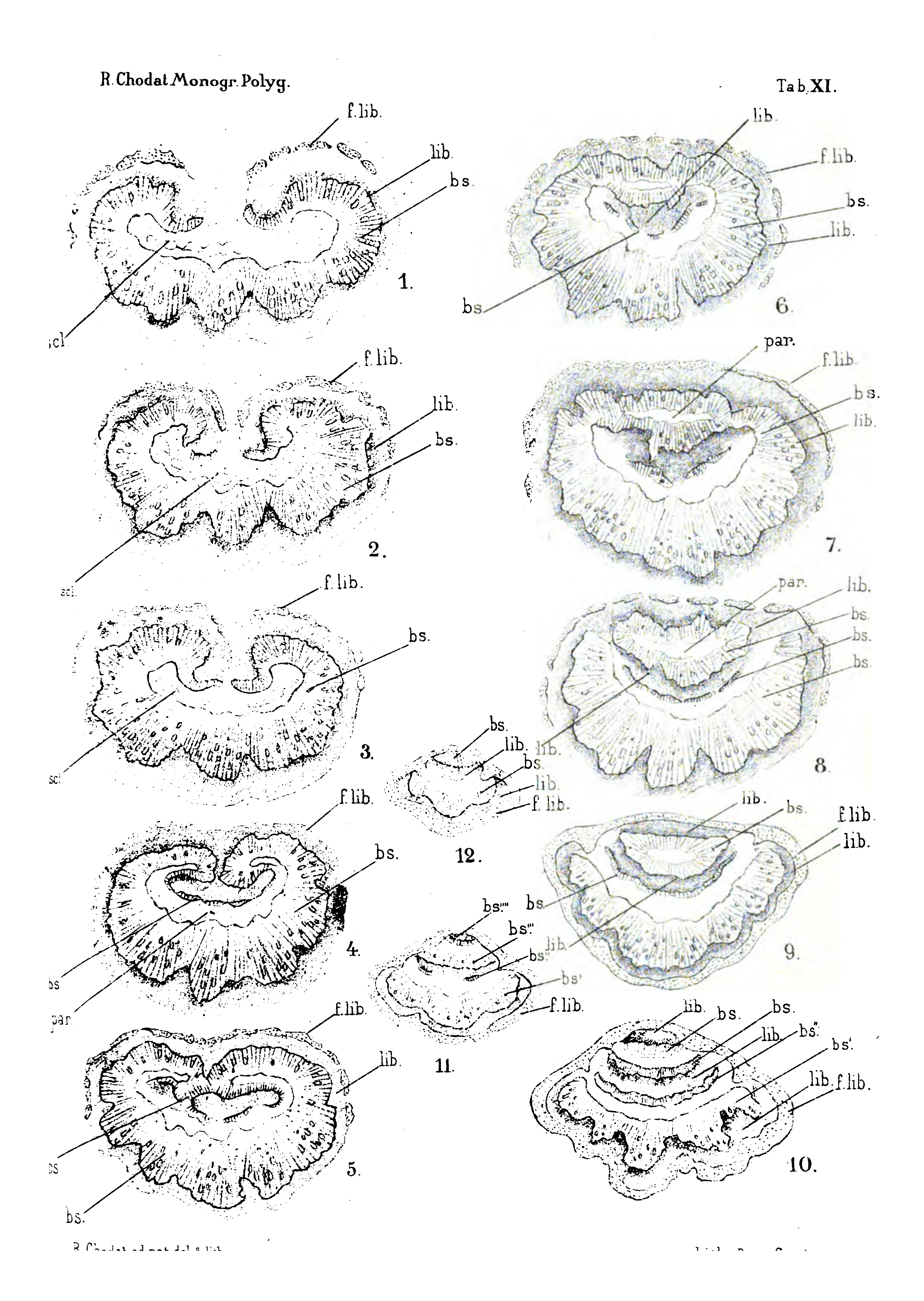
Fig. 13-14. Scléreïdes du pétiole de Moutabea.

Fig. 15. Section de la feuille de P. Watsoni (P. acicularis Watson) schematisée, ***bs.*** bois, ***fs.*** faisceaux secondaires, ***pal.*** cellules pallissadiques, *c.* ***cr.*** cellules cristaligènes, *f.* ***lib.*** fibres libériennes.


ep.
pal.
g.
1
s
b
ep. s.
Fg.2.
bs.
lib.
g.
ep. inf.
Fg.2a
Fg.2b.
c.
d.
b
g4
a
scl.
Fg.5.
ep.
h.
pal.
Fg.5b.
scl.
bs.
lib.
Fg.6.
col.
bs.
Fg.7.
f.lib
f.lib.
bs.
lib.
bs. Fg.9.
a.
Fg.3.
b.
16.
f.lib.
Fg.8
lib
pal.
bs.
c.c.r.
fs.
15.
f.lib.
13.
14.
lib.
scl.
f.lib
scl.
Fg.11.
lib.
Fg.10.
Fg.12.

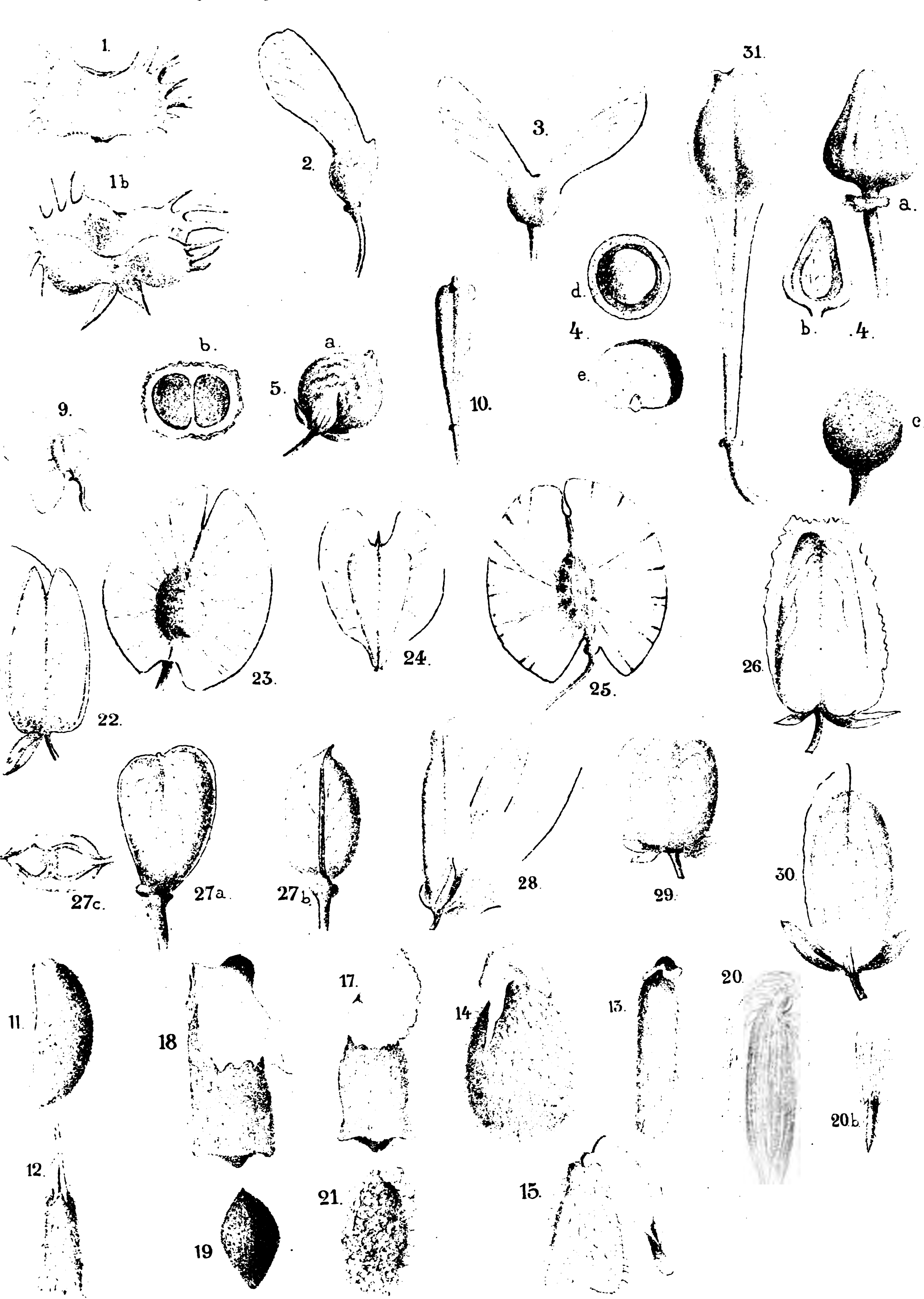
TABULA XI

Fig. 1-12. Modifications du faisceau médian de la feuille, de la base (1) au sommet du pétiole (8-9) et de la base de la feuille (9-10) au sommet (12). *f. lib.* fibres libériennes, *bs.* bois, *lib.* liber, *par.* parenchyme, *scl.* scléreides (Xanthophyllum).


f. lib.
lib.
bs.
scl
1.
lib.
f. lib.
bs.
lib.
bs.
6.
f. lib.
lib.
bs.
scl.
2.
par.
f. lib.
bs.
lib.
7.
f. lib.
bs.
scl.
3.
par.
lib.
bs.
bs.
bs.
lib.
8.
bs.
lib.
bs.
lib.
f. lib.
12.
f. lib.
bs.
bs
par.
4.
lib.
bs.
f. lib.
lib.
bs.
lib.
9.
bs.''''
bs.'''
bs.''
bs'
f. lib.
11.
f. lib.
lib.
bs
bs.
5.
lib.
bs.
bs.
lib.
bs.''
bs.'
lib.
f. lib.
10.

TABULA XII

Fig. 1. *a*. *b*. Fruit de Salomonia, *a* fermé, *b* déhiscent.
Fig. 2. Fruit de Securidaca.
Fig. 3. Double fruit (anormal) de Securidaca.
Fig. 4. Jeune fruit de Xanthophyllum, *b*. section de ce fruit.
4 *c*. Fruit mûr de Xanthophyllum vitellinum (réduit) 4 *d*. section de ce fruit, 4 *e*. semence exalbuminée, un des cotylédons et la plumule.
Fig. 5. Fruit de Mundia, 5 *a*. section transversale.
Fig. 9. Fruit de Phlebotænia.
Fig. 10. Capsule de Bredemeyera.
Fig. 11. Semence de P. nemoralis.
Fig. 12. » de P. gracilis.
Fig. 13. » de P. monspeliaca.
Fig. 14. » de P. amatymbica.
Fig. 15. » de P. de la section Ligustrina.
Fig. 17. » de P. platycarpa.
Fig. 18. » de P. obscura.
Fig. 19. » de P. subtilis.
Fig. 20. » de Bredemeyera floribunda.
20 *b*. » » » partie inférieure, les poils sont ôtés.
Fig. 21. » de Carpolobia
Fig. 22 Capsule de P. linifolia Boj.
Fig. 23. Fruit de Monnina Lorentziana.
Fig. 24. Capsule de P. papilionacea.
Fig. 25. Fruit de Monnina pterocarpa.
Fig. 26. Capsule de P. Solieri.
Fig. 27. » de P. Chamæbuxus.
Fig. 28. » de P. Boliviensis.
Fig. 29. » de P. nemoralis.
Fig. 30. » de P. Duartena.
Fig. 31. » de Comesperma volubilis.



Lith. Duc. Genève

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — No 8.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

NOTES POUR SERVIR A L'ÉTUDE

DES

ÉCHINODERMES

PAR

P. DE LORIOL

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

NOTES POUR SERVIR A L'ÉTUDE

DES

ÉCHINODERMES

PAR

P. DE LORIOL

J'ai publié précédemment, dans un autre recueil (*Recueil zoologique suisse*), deux séries de documents divers sur les Échinodermes, descriptions d'espèces nouvelles et faits nouveaux relatifs à des espèces déjà décrites, dont la connaissance me paraissait devoir être utile.

Une troisième série, que j'ai eu le privilège de pouvoir insérer dans le volume des Mémoires destiné à rappeler le souvenir du centenaire de la Société, comprend seize espèces, groupées ainsi qu'il suit.

Deux Échinides jurassiques qui sont nouveaux et constituent une adjonction importante à la faune échinologique de la Suisse. Pour l'un, j'ai dû établir un genre nouveau, et l'autre, de l'étage rauracien, appartient à un genre dont on ne connaissait qu'un très petit nombre d'espèces, fort rares, confinées dans l'étage bathonien et dans l'étage bajocien de la France. Ces espèces sont :

Scaptodiadema Mattheyi, P. de Loriol.

Pseudopedina elegans, P. de Loriol.

Une espèce crétacée, le *Cidaris vesiculosa,* que j'ai à signaler pour la première fois dans le gault de la Perte du Rhône.

Cinq Échinides tertiaires, dont trois sont nouveaux; j'ai pu décrire les plaques squelettiques de la face inférieure d'un autre, dont on ne connaissait point encore la structure.

Clypeaster Rogersi, P. de Loriol (Morton).

Hemiaster galantigensis, P. de Loriol.

Linthia Laubei, P. de Loriol.

Macropneustes integer., P. de Loriol.

Hypsopatagus Meneghinii (Desor), Pomel.

Deux espèces d'Échinides des mers actuelles, déjà connues.

Alexandria magnifica, Pfeffer.

Tripneustes variegatus (Klein), Ag.

Enfin, six Astéries des mers actuelles, dont trois sont nouvelles; une autre n'avait jamais été figurée et j'ai pu donner sur elle quelques nouveaux détails.

Luidia Bellonæ, Lutken.

Luidia penangensis, P. de Loriol.

Nardoa mollis, P. de Loriol.

Nardoa Finschi, P. de Loriol.

Nardoa ægyptiaca, Sladen.

Fromia japonica, E. Perrier.

Genre Scaptodiadema, P. de Loriol, 1891.

Test subhémisphérique.

Appareil apical formant un anneau compacte autour du périprocte. Plaques génitales sculptées, contiguës. Pores génitaux en fente allongée. Plaques ocellaires comme trilobées, logées dans les angles externes des plaques génitales.

Zones porifères droites. Pores disposés par simples paires depuis l'appareil apical jusqu'au péristome.

Aires ambulacraires étroites, composées de plaques simples jusqu'à l'ambitus tout au moins. Elles portent deux rangées de petits tubercules mamelonnés, perforés, lisses; la zone miliaire est garnie de granules relativement très gros.

Tubercules interambulacraires semblables aux tubercules ambulacraires, mais un peu plus développés. Les granules intermédiaires sont arrondis, nombreux, et, relativement, fort gros et mamelonnés.

Péristome muni d'entailles.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. Le genre *Scaptodiadema* ne comprend encore qu'une seule espèce, elle se rapproche des *Glypticus*, mais elle en diffère essentiellement par ses tubercules perforés.

SCAPTODIADEMA MATHEYI, P. de Loriol, 1891.

(Pl. II, fig. 2.)

DIMENSIONS.

Diamètre	15 mm. à 16 mm.
Hauteur, par rapport au diamètre	0,48 à 0,56.

Test circulaire ou légèrement pentagonal, subhémisphérique, plane en dessous. Appareil apical relativement assez étendu. Plaques génitales presque égales entre elles, les postérieures un peu plus petites, acuminées à leur extrémité externe, un peu sculptées et granuleuses; leur bord interne est un peu épaissi et relevé, de manière à former, autour du périprocte, comme un bourrelet continu assez accentué. Pores génitaux très allongés, en fente étroite. Plaque madréporiforme un peu plus développée et un peu plus irrégulière que les autres; le corps madréporique lui-même est restreint, avec peu de perforations. Plaques ocellaires relativement assez grandes, triangulaires et plus ou moins trilobées en dedans; chacune porte deux sillons qui semblent les diviser en trois parties.

Zones porifères larges, droites, un peu déprimées. Les pores, petits, sont disposés par paires assez écartées, régulièrement superposées depuis l'apex jusqu'au péristome;

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — No 8.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

NOTES POUR SERVIR A L'ÉTUDE

DES

ÉCHINODERMES

PAR

P. DE LORIOL

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

de grande dimension, relativement. Les scrobicules, bien distincts, sont tout à fait superficiels et ils touchent immédiatement les zones porifères, sauf à la face inférieure. Ils forment deux séries tout à fait marginales, au nombre de sept à huit par série; ils croissent régulièrement depuis le péristome jusqu'au-dessus de l'ambitus où ils cessent brusquement, comme dans les aires ambulacraires, en devenant presque imperceptibles sur les deux plaques coronales voisines de l'apex. Au milieu de l'aire se montrent deux séries de tubercules secondaires extrêmement petits, mais distinctement mamelonnés et perforés, ils s'élèvent beaucoup moins haut que les tubercules principaux, dépassant à peine la face inférieure; on n'en compte que trois ou quatre par série. A la face inférieure on remarque encore, de chaque côté de l'aire, le long des zones porifères, une série de tubercules secondaires, plus nombreux, mais plus petits, dépassant à peine la taille de simples granules, cependant mamelonnés et perforés. Les granules sont très petits et écartés; ils couvrent toute la surface intermédiaire, sauf le milieu de l'aire qui est un peu dénudé sur un étroit espace.

Péristome tout à fait à fleur du test, muni de profondes entailles et très ouvert; son diamètre égale 0,46 de celui de l'oursin.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. Cette espèce intéressante, dont je ne connais encore qu'un seul échantillon, en parfait état de conservation, est fort voisine du *Pseudopedina Bakeri*, Wrigth, de l'étage bajocien; elle s'en distingue cependant par sa face supérieure paraissant plus dénudée par suite de la disparition plus rapide des tubercules, par la petitesse générale des tubercules eux-mêmes, la disproportion notablement plus sensible entre les tubercules des aires ambulacraires et ceux des aires interambulacraires qui touchent immédiatement les zones porifères, enfin, par la plus grande profondeur des entailles du péristome.

LOCALITÉ. Roggenbourg (Berne).

Étage rauracien.

COLLECTION. Mathey à Delémont.

Explication des figures.

Pl. II. Fig. 3, 3 a, 3 b. ***Pseudopedina elegans***, P. de Loriol, de grandeur naturelle. ***Fig. 3 c, 3 d*** grossissements du même individu. ***Fig. 3 e,*** appareil apical, grossi.

Cidaris vesiculosa, Goldfuss.

SYNONYMIE.

Cidaris vesiculosa, Goldfuss, 1826, Petref. Germ., t. I, p. 120, pl. 40, fig. *a* à K.
Id. Cotteau, 1862, Paléont. franc. T. crétacés, t. VII, p. 223, pl. 1050 et 1051, fig. 1-6.
Id. P. de Loriol, 1873, Échinologie helvétique, 2me p., terrains crétacés, p. 53, pl. IV, fig. 2-7.
(Voir dans ces deux ouvrages la synonymie de l'espèce et ajouter :)
Cidaris vesiculosa, Hébert, 1872, Néoc. dans le Midi de la France, Bull. Soc. géol. de France, 2me série, t. 29, p. 397.
Id. Lennier, 1872, Étude géol. et pal. des falaises de la Hte-Normandie, p. 27.
Id. Bucaille, 1872, Échinides fossiles de la Seine-Inférieure, t. I, p. 14.
Id. Quenstedt, 1872-75, Petrefactenkunde Deutschlands, t. III, Echiniden, p. 166, p. 67, fig. 126-142.
Id. Cotteau, 1875, Échinides crét. du Hainaut, Bull. Soc. géol. de France, 3me série, t. II, p. 639.
Id. Péron et Gauthier, 1879, Echinides fossiles de l'Algérie, fasc. V, p. 175.
Id. Cotteau, 1883, Échinides fossiles du S.-O. de la France, p. 9.
Id. Cotteau, 1887, Catalogue des Échinides crét. des Corbières, Bull. Soc. géol. de France, 3me série, t. XV, p. 658.

DIMENSIONS.

Diamètre	21 mm.
Hauteur	12 mm.

Test circulaire, déprimé.

Zones porifères flexueuses, étroites, assez enfoncées.

Aires ambulacraires également flexueuses, pourvues de quatre rangées de granules petits, serrés, parfaitement égaux dans les quatre rangées, qui se réduisent à deux vers les extrémités; à l'ambitus paraissent exister encore quelques verrues très petites au milieu de l'aire, mais je ne les vois pas distinctement, par suite d'un peu d'altération du test.

Aires interambulacraires garnies de tubercules perforés, lisses, dont les scrobicules sont circulaires et entourés d'un rebord assez saillant qui les fait paraître très déprimés; on en compte quatre par série; ils diminuent rapidement à la face inférieure. Dans chacune des aires la plaque qui touche l'appareil apical dans l'une des

deux séries est allongée et très granuleuse; elle ne porte qu'un tubercule avorté ayant la forme d'un petit bouton non scrobiculé. Des granules très fins et serrés occupent la zone miliaire qui est étroite et un peu enfoncée, comme aussi l'espace étroit entre les scrobicules; des granules un peu plus développés forment un cercle scrobiculaire complet.

L'exemplaire que je viens de décrire a été recueilli par M. le professeur A. Favre à la Perte du Rhône, dans l'étage albien, et il faisait partie de sa collection, actuellement au Musée de Genève. Il ne saurait y avoir de doute sur la localité et le niveau auquel il a été recueilli, son étiquette l'explique, il a toute l'apparence des fossiles de la Perte du Rhône, et son intérieur est rempli du sable vert à grains noirs du gault de cette localité si connue. Il présente tous les caractères du *Cidaris vesiculosa*, sa détermination ne me laisse aucun doute. Si ses aires ambulacraires ne portent que quatre rangées de granules à l'ambitus, il faut l'attribuer à la petite taille de l'individu; on observe souvent une modification semblable dans les espèces du genre *Cidaris*, provenant d'une différence dans le degré de développement, du reste ces granules sont tout à fait égaux entre eux et les rudiments de deux petites rangées médianes paraissent même exister à l'ambitus.

Cet individu présente beaucoup d'intérêt et je suis très heureux d'avoir une occasion de le faire connaître, car c'est le seul exemplaire de Cidaris recueilli jusqu'ici à la Perte du Rhône, à ma connaissance du moins, et c'est aussi le seul exemplaire du *Cidaris vesiculosa* qui ait été trouvé à un niveau aussi inférieur. Déjà, cependant, on a retrouvé en Suisse des radioles de l'espèce dans les couches du vraconien ou gault supérieur de Sainte-Croix, mais, partout ailleurs, elle se montre dans l'étage cénomanien. Roux, le collaborateur de Pictet, avait vu ce précieux *Cidaris* dans la collection Favre, et il lui avait donné, en 1853, le nom de *Cidaris genevensis*, inscrit sur une étiquette de sa main accompagnant l'échantillon, mais dont il n'a été fait mention nulle part.

Clypeaster Rogersi (Morton), P. de Loriol.

SYNONYMIE.

Scutella Rogersi, Morton, 1834, Synopsis of the organic remains of the cretaceous group of the U. States, 2me éd., p. 77, pl. XIII, fig. 3.

C'est par une erreur que je ne m'explique pas que le *Scutella Rogersi* de Morton a été rapporté par Agassiz aux *Scutella* et est devenu le type du genre *Mortonia* Desor.

Soit la description, soit la figure de l'ouvrage de Morton, montrent qu'il s'agit d'un véritable *Clypeaster*, et cette figure ne ressemble aucunement à celle qu'Agassiz a donnée de son *Scutella Rogersi* (Mon. des Scutelles, pl. 19 *a*, fig. 1-4).

Voici la traduction de la description de Morton :

« Forme subovale, légèrement convexe. Bord postérieur tronqué. Ambulacres « légèrement proéminents, ouverts à leur extrémité marginale. Apex central. Dessous « légèrement concave avec cinq sillons simples correspondant aux ambulacres. Péri- « procte rapproché du bord postérieur à $^1/_4$ de la distance entre le bord postérieur et « le péristome.

« Commun dans les strates crétacées récentes de Monroe Countey, Alabama. »

Il est bien évident que cette description, corroborée par la figure, ne peut se rapporter au *Mortonia Rogersi*, dont j'ai un exemplaire sous les yeux. Dans cette dernière espèce la forme est subcirculaire, le bord postérieur n'est pas tronqué, les ambulacres ne sont pas renflés, les sillons de la face inférieure ne sont pas simples mais deux fois divisés, le périprocte est ouvert au milieu de la distance entre le péristome et le bord postérieur, de plus le bord est renflé.

Le nom de *Mortonia* donné par Desor ne peut être conservé pour le *Scutella Rogersi*, Agassiz (non Morton), Gray l'ayant déjà employé précédemment pour un autre Échinide; M. Pomel a dû le changer en celui de *Mortonella*. Cette espèce devient donc le *Mortonella Rogersi*, et celle de Morton doit prendre place parmi les *Clypeaster*, sous le nom de *Clypeaster Rogersi*.

Hemiaster Galantigensis, P. de Loriol, 1891.

(Pl. I, fig. 3.)

DIMENSIONS.

Longueur	40 mm.
Largeur	43 mm.
Hauteur	31 mm.

Test subcordiforme, un peu plus large que long, renflé, très arrondi sur les flancs. Face supérieure très élevée en arrière et fortement déclive en avant; l'apex se trouve vers le milieu de l'aire interambulacraire postérieure impaire qui est fort relevée,

mais non carénée; les aires interambulacraires paires sont assez renflées, même un peu gibbeuses. Face inférieure rétrécie parce que sa convexité forme avec celle des flancs une courbe presque régulière; elle est légèrement creusée autour du péristome et un peu renflée sur le plastron. Face postérieure rétrécie, élevée, tronquée un peu obliquement en dedans. Face antérieure large, comme abruptement tronquée, et un peu gibbeuse de chaque côté de l'échancrure où passe l'ambulacre impair.

Appareil apical subcentral, un peu enfoncé. Quatre pores génitaux; la plaque madréporique n'est pas distincte.

Ambulacre impair composé de pores extrêmement ténus, disposés par paires très écartées et à peine perceptibles, les pores sont fort rapprochés dans chaque paire et séparés par un très petit granule; les zones porifères sont droites et écartées, nullement déprimées. Il est logé dans un sillon très large, qui, faiblement creusé d'abord à la face supérieure, s'élargit beaucoup, échancre largement le bord antérieur sur lequel il tombe verticalement en formant un angle presque droit, et se continue insensiblement jusqu'au péristome. A la face supérieure le fond de ce sillon est tout à fait plat et couvert de petits tubercules entourés d'une granulation très fine et très dense; les bords ne sont nullement carénés, et les zones porifères sont tout à fait à fleur, comme noyées dans la granulation.

Ambulacres antérieurs pairs longs, droits, très divergents, très étroits et très creusés. Les zones porifères comptent 35 paires de pores, elles sont relativement larges, un peu plus larges chacune que l'espace interporifère qui forme comme un étroit sillon. Les ambulacres postérieurs sont tout à fait semblables, mais bien moins divergents et plus courts, ne comptant que 28 paires de pores.

Fasciole péripétale assez large, passant à une petite distance de l'extrémité du sillon des ambulacres pairs. Il n'y a pas de fasciole latéral.

Tubercules assez développés et à peu près homogènes à la face supérieure, nettement scrobiculés, serrés, séparés par des filets de granules d'une grande finesse. Au pourtour et à la face inférieure ils s'écartent en augmentant un peu de volume.

Péristome ouvert dans une légère dépression, à quelque distance du bord; la lèvre postérieure est très saillante, aiguë en avant et marginée.

Périprocte ovale, longitudinal, assez grand, situé au sommet de la troncature de la face postérieure, vers le tiers de sa hauteur; l'area anale est assez évidée.

Rapports et différences. L'espèce que je viens de décrire ne saurait être confondue avec aucune autre, elle présente tous les caractères généraux des *Hemiaster*, et je ne

saurais en découvrir un sur lequel on pourrait se baser pour l'en séparer génériquement et créer pour elle une coupe nouvelle. Elle n'a pas le facies de la grande majorité des *Hemiaster*, mais il est bien d'autres espèces rapportées à ce genre dont le facies est encore plus particulier, celles, par exemple, qui n'ont point de sillon antérieur. N'ayant pu discerner nettement le contour de la plaque madréporique il ne m'a pas été possible de m'assurer si l'espèce appartient au groupe des *Trachyaster* que M. Pomel a érigé en genre distinct, caractérisé par la prolongation de la plaque madréporique au delà des plaques ocellaires, mais cela ne me paraît pas probable. Je ne crois pas que ce caractère, variable dans une même espèce, ait, en réalité, quelque importance, surtout au point de vue générique.

LOCALITÉ. Galantiga, près Montecchio Maggiore (Vicentin).

Éocène.

Explication des figures.

Pl. I. Fig. 3, 3 a, 3 b, 3 c. *Hemiaster galantigensis*, de grandeur naturelle, Coll. P. de Loriol.
Fig. 3 d. Fragment pris au fond du sillon antérieur, très grossi.
Fig. 3 e. Ambulacre antérieur pair, grossi.

LINTHIA LAUBEI, P. de Loriol, 1891.

(Pl. II, fig. 1.)

DIMENSIONS.

Longueur	33 mm.
Largeur	35 mm.
Hauteur	24 mm.

Test largement cordiforme, le maximum de largeur, qui se trouve au milieu des aires interambulacraires paires postérieures, étant supérieur à la longueur; le bord antérieur est assez largement et profondément échancré, la face postérieure très rétrécie et verticalement tronquée à son extrémité. Pourtour arrondi. Face supérieure assez élevée et presque uniformément convexe, cependant plus déclive en avant qu'en arrière. L'apex est faiblement rejeté en arrière et se trouve sur l'aire interambulacraire impaire qui est un peu carénée. La face inférieure est légèrement convexe, à peine un peu plus renflée sur le plastron.

Appareil apical excentrique en avant, situé au $^{39}/_{100}$ environ de la longueur. Les quatre pores génitaux sont fort rapprochés; la plaque madréporique, étroite et arquée, se prolonge un peu au delà des plaques ocellaires postérieures.

L'ambulacre impair est logé dans un sillon qui, assez large et creusé dès le début, s'approfondit considérablement sans s'élargir beaucoup sur la face antérieure qui est presque abrupte et qu'il échancre fortement. Les zones porifères, fort écartées, n'ont guère qu'une quinzaine de paires de pores bien appréciables; les autres sont fort petites. Le fond du sillon est occupé par une granulation très fine et très serrée.

Ambulacres pairs longs, étroits, et très creusés. Les antérieurs, très divergents, tout à fait droits, atteignent presque le pourtour. Zones porifères étroites et rectilignes, ce n'est que vers l'extrémité qu'elles tendent à se rapprocher; l'espace interporifère est approfondi et notablement plus large que l'une d'entre elles; les pores sont très petits, presque arrondis, à peine conjugués, très rapprochés dans chaque paire dont on compte 25 par zone. Les ambulacres postérieurs, bien plus rapprochés, sont plus courts, n'ayant pas plus de vingt paires de pores par zone, du reste semblables.

Le péristome se trouve dans un léger enfoncement et s'ouvre assez loin du bord.

Périprocte transverse, ovale, un peu acuminé au sommet, relativement grand; il est situé au sommet de la troncature de la face postérieure. Il n'y a pas d'area anale définie.

Fasciole péripétale étroit, peu accentué, visible sur quelques points, sans qu'il soit possible de préciser son allure; il paraît entrer assez profondément dans les aires interambulacraires.

Le fasciole latéral existe, mais n'est visible que sur un ou deux points.

Tubercules très petits, serrés, à peu près homogènes à la face supérieure, presque contigus, accompagnés de quelques petits granules d'une extrême finesse. On distingue mal les tubercules de la face inférieure, on peut seulement constater qu'ils sont plus développés que ceux de la face supérieure.

Rapports et différences. L'espèce que je viens de décrire se rapproche certainement du *Linthia bathyolcos*, Dames, mais davantage de la description que de la figure; elle se distingue de suite de l'original de cette dernière espèce par ses ambulacres bien plus étroits, avec des zones porifères composées de pores plus petits, à peine conjugués, disposés par paires plus nombreuses, surtout dans les ambulacres antérieurs; les zones interporifères sont, aussi, notablement plus larges, et les zones porifères bien plus rectilignes; on peut ajouter que, dans le *Linthia Laubei*, le sillon antérieur

est plus étroit et aussi plus profond, et que la face supérieure est bien moins élevée et renflée. Dans sa description M. Dames dit que le périprocte est ovale *allongé*, il serait plutôt transverse dans la figure, comme dans le *Linthia Laubei*. Du reste il me paraît probable que plus d'une espèce a été comprise sous le nom de *L. bathyolcos*. M. Bittner (Beiträge zur Kentniss alttertiären Echinidenfauna der Südalpen) a fait figurer deux échantillons qu'il rapporte à cette espèce (mais avec des réserves) et qui me paraissent différer spécifiquement de l'individu figuré par M. Dames, ce dernier devra demeurer le type de l'espèce; la structure des ambulacres du *Linthia Laubei* est fort différente de celle de ces deux individus. On peut encore rapprocher cette dernière espèce du *Linthia Heberti* dont j'ai sous les yeux de fort bons échantillons d'Espagne déterminés par M. Cotteau. Elle en diffère par ses ambulacres pairs bien plus étroits, profonds mais moins largement creusés, avec des zones porifères plus étroites, plus droites, composées de pores moins ouverts, à peine conjugués, séparés par une zone interporifère plus large, proportionnellement; le sommet ambulacraire est aussi plus excentrique en avant et le sillon antérieur relativement moins large.

LOCALITÉ. Deux exemplaires de Gran Croce di S[t]-Giovanni Ilarione (Vicentin). Oligocène.

Explication des figures.

Pl. II. Fig. 1, 1 a, 1 b, 1 c. Linthia Laubei, P. de Loriol, de grandeur naturelle. *Fig. 1 d*, appareil apical du même, grossi. *Fig. 1 e*, fragment grossi montrant le fasciole.

MACROPNEUSTES INTEGER, P. de Loriol, 1891.

(Pl. I, fig. 1.)

DIMENSIONS.

Longueur très approximative	70 mm.
Largeur	62 mm.
Hauteur	42 mm.

Test allongé, rétréci en arrière, arrondi et nullement échancré en avant. Face supérieure élevée, renflée en avant, convexe dans la région antérieure, longuement et graduellement déclive en arrière; l'apex est très excentrique en avant. Face inférieure renflée sur le plastron et assez déprimée autour du péristome. Quelques légères

cassures, dans le seul exemplaire connu, peuvent avoir rendu le pourtour un peu plus tranchant en avant qu'il ne l'était réellement; la face postérieure a aussi été déformée, mais on peut constater sûrement qu'elle était fort rétrécie, rentrante et, probablement, excavée.

Appareil apical très excentrique en avant, correspondant avec l'apex. Les quatre pores génitaux sont peu ouverts et extrêmement rapprochés, les postérieurs à peine un peu plus écartés que les antérieurs. Je ne distingue pas nettement le corps madréporiforme.

Ambulacre impair composé de pores extrêmement petits, disposés par paires très écartées; les six ou sept premières, seulement, dans chacune des zones, sont bien visibles, elles se trouvent logées dans une petite rigole fort étroite, à peine creusée, qui disparaît totalement après une longueur de 8 à 9 mm. seulement. Au delà, l'ambulacre impair ne se fait reconnaître que par une bande fort étroite faisant une saillie légère sur la convexité de la face antérieure et couverte de petits granules serrés dont quelques-uns sont plus développés que les autres; cette bande est à peu près dépourvue de gros tubercules jusqu'au pourtour.

Ambulacres pairs très creusés, fort longs, mais pas très larges. Les antérieurs, très divergents, presque transverses, ont environ 32 paires de pores, tandis que les postérieurs, bien plus rapprochés, paraissent en avoir 37. Chacune des zones porifères est à peu près aussi large que l'espace interporifère.

Péristome étroit, très rapproché du bord.

Périprocte au sommet de la face postérieure; il n'est pas entièrement distinct, mais on voit qu'il est très acuminé à sa partie supérieure.

Fasciole péripétale fort étroit, tout à fait superficiel et très rapproché du pourtour; sur quelques points seulement, il se montre bien distinct, de sorte que son parcours ne saurait être précisé.

On ne peut savoir s'il y avait un fasciole sous-anal.

Tubercules relativement fort petits, perforés, crénelés, étroitement scrobiculés, très serrés et homogènes en arrière de l'apex, un peu plus développés et plus éloignés dans la région antérieure. Ils sont entourés d'une granulation très fine et très serrée. A la face inférieure le test n'est que partiellement conservé, on constate cependant que les tubercules sont plus écartés en dehors des aires ambulacraires tandis que, au milieu du plastron, ils se montrent, au contraire, serrés et profondément scrobiculés.

Rapports et différences. Le *Macr. integer*, dont je ne connais encore qu'un seul

exemplaire, se reconnaît facilement à sa région antérieure tout à fait convexe, son sillon antérieur absolument nul sauf tout à fait à son origine où il est à peine indiqué, ses tubercules à peu près homogènes, et son apex très excentrique en avant. Ce dernier caractère le rapproche du *Macropn. Pellati,* mais il s'en distingue de suite par son sillon antérieur tout à fait nul et ses ambulacres pairs notablement plus longs.

LOCALITÉ. Galantiga près Montecchio Maggiore (Vicentin).

Éocène.

Explication des figures.

Pl. 1. Fig. 1. *Macropneustes integer*, de grandeur naturelle. Coll. P. de Loriol.

Fig. 1 a. Le même, vu de profil, sur ce côté le test est altéré, mais la forme générale n'est pas modifiée par une cassure, sauf à l'extrémité postérieure.

Fig. 1 b. Le sillon antérieur à son origine près de l'appareil apical, fragment grossi.

Fig. 1 c. Fragment de test très grossi pris sur l'aire interambulacraire impaire.

Fig. 1 d. Fragment très grossi pris sur le parcours du fasciole.

HYPSOPATAGUS MENEGHINII, Desor.

(Pl. I, fig. 2.)

SYNONYMIE.

Macropneustes Meneghinii, Desor, 1858, Synopsis, p. 411.

Breynia carinatæformis, Schauroth, 1865, Verzeich. d. Verst. im H. Natur. Cab. zu Coburg, p. 194, pl. 13, fig. 3.

Macropneustes Meneghinii, Laube, 1867, Vicent. Eoc. Echin. Sitzungsberichte der Wiener Akad. t. 56, p. 411.

Id. Laube, 1868, Beitr. z. Kenntniss der Echin. d. Vicent. Tert. geb., p. 32, pl. 7, fig. 1 (Denkschr. d. m. naturw. Cl. der Acad. d. Wiss., Wien, vol. 29).

Id. Tournouer, 1870, Échinod. du calcaire à Astéries, p. 37 (Actes Soc. linn. de Bordeaux, t. 27).

Id. Bayan, 1870, Terr. tert. de la Vénétie, Bull. Soc. géol. de France, t. 27, p. 470.

Id. Manzoni, 1873, Il monte Titano, p. 21.

Id. Quenstedt, 1872-75, Petrefactenkunde Deutschlands, III, Echiniden, p. 679, pl. 89, fig. 22.

Hypsopatagus Meneghinii, Pomel, 1883, Classif. et genera des Échinides vivants et fossiles, p. 31.

Macropneustes Meneghinii, Mazetti, 1885, Cenno monogr. int. alle fauna foss. di Montese, Atti Soc. nat. di Modena, sér. III, t. 4, p. 68.

Hypsospatagus Meneghinii, Cotteau, 1886, Paléontol. fr. T. tertiaires, t. I, p. 99.

DIMENSIONS.

Longueur	66 mm.
Largeur	56 mm.
Hauteur	39 mm.

Les dimensions données indiquent qu'il s'agit d'un exemplaire de l'*Hyp. Meneghinii* de bien plus petite taille et, surtout, bien plus déprimé dans son ensemble que l'individu figuré par M. Laube, qui peut être considéré comme un extrême. Il se rapproche davantage de celui que Schauroth a décrit. Du reste j'ai pu m'assurer, par la comparaison de plusieurs échantillons, que les passages les plus évidents s'observent entre les individus très déprimés et ceux qui sont les plus renflés. L'espèce est très variable sous ce rapport, ainsi que l'avait déjà fait observer Tournouer. Les autres caractères sont très exactement semblables à ceux des exemplaires de l'*Hypsosp. Meneghinii* les plus typiques, et il serait superflu de les exposer ici. Par suite de circonstances heureuses la face inférieure de cet échantillon est altérée de façon à permettre d'observer avec beaucoup de netteté la structure du test, car les sutures des diverses pièces qui le composent sont, pour la plupart, parfaitement distinctes. Comme le squelette des *Hypsopatagus* n'a pas encore été décrit, il m'a paru utile de la faire figurer. L'arrangement et la forme des pièces de cette face inférieure ressemblent à ce que nous voyons dans la figure du squelette du *Maretia planulata* donnée dans l'admirable ouvrage de M. Lovén (Études sur les Échinoïdées, pl. 42) et elle présente une grande régularité. Un fait remarquable c'est que l'examen attentif de bons exemplaires de l'*Hyps. Meneghinii* ne permet pas de constater la présence d'un fasciole sous-anal, et, cependant, la structure de sa face inférieure est tout à fait celle des Spatangides Prymnodesmiens. On remarque, en effet, la présence d'un episternum parfaitement caractérisé, et l'on voit les plaques internes des deux aires ambulacraires avoisinantes s'allonger notablement pour former un coin qui entre dans l'angle épisternal; ce dernier est moins profond que dans le *Maretia planulata*, mais il est cependant nettement accusé. On ne peut donc pas affirmer que cette structure si régulière, qui partage le squelette en deux parties tout à fait symétriques, est toujours corrélative de la présence d'un fasciole sous-anal. Il sera intéressant de recueillir de nouvelles observations sur ce sujet. Parmi les espèces que l'on rapporte au genre *Hypsopatagus* il n'en est aucune sur lesquelles on ait observé un fasciole sous-anal, mais il faut dire qu'il en est plusieurs qui ne sont pas encore connues d'après des échantillons assez bien conservés pour que l'on

puisse affirmer son absence avec une parfaite certitude. Dans le genre *Maretia*, l'espèce typique, le *Maretia planulata*, possède un fasciole sous-anal et le squelette le mieux caractérisé des Prymnodesmiens, mais il est des espèces fossiles que tous leurs caractères rapprochent des *Maretia*, et, dans lesquelles, cependant, le fasciole sous-anal est très difficile à distinguer et on peut même dire tout à fait nul. Aussi on voudrait maintenant réunir au genre *Maretia* les espèces comprises dans le genre *Hemipatagus* qui ne diffèrent réellement des *Maretia* typiques que par l'absence du fasciole sous-anal. Il serait fort utile de savoir si, dans des espèces que tous leurs caractères portent à classer dans un même genre, mais dont les unes ont un fasciole sous-anal distinct, tandis que les autres en sont dépourvues, il se produit des modifications correspondantes dans la structure du squelette. Je n'ai pas à ma disposition des exemplaires se prêtant à ces observations, mais c'est là un point sur lequel il importe d'appeler l'attention de ceux qui s'occupent de l'étude des Échinides.

Dans l'appareil apical de l'*H. Meneghinii* les pores génitaux sont bien ouverts et fort rapprochés; la plaque madréporique se prolonge longuement en arrière comme dans les *Macropneustes*.

Deux espèces d'*Hypsopatagus* sont certainement très voisines de *H. Meneghinii*, et je me demande s'il est possible de les en séparer. Toutes deux se rapprochent tout à fait, par leur forme, de l'exemplaire dont il est ici question, et, aussi, de celui qui a été figuré par Schauroth. Cette face supérieure relativement peu élevée et régulièrement bombée, qui ne représente qu'une modification individuelle, est alléguée comme l'un des caractères distinctifs de ces espèces. Dans l'une, le *Macropneustes antecedens*, Bittner, les caractères sont ceux de l'*H. Meneghinii* et, en particulier, les zones interporifères de ses ambulacres pairs sont légèrement renflées, comme dans ce dernier; quant à une différence dans la hauteur de la face postérieure, mise en avant par M. Bittner comme caractère distinctif, elle est faible, et me paraît pouvoir être motivée par la différence de hauteur du test. Le *Macropneustes Hoffmanni*, Koch, serait différent de l'*Hyp. Meneghinii*, indépendamment de la forme, par ses ambulacres pairs presque égaux, dans lesquels la zone interporifère est deux fois aussi large que l'une des zones porifères. Or, dans une série d'échantillons de l'espèce du Vicentin, on peut observer des modifications analogues, ainsi, dans un individu que j'ai sous les yeux, on compte 33 paires de pores dans les ambulacres pairs antérieurs et 38 dans les postérieurs, dans ce même individu l'espace interporifère est un peu plus large seulement que l'une des zones porifères, tandis que, dans le petit exemplaire dont je

m'occupe ici, il est à peu près deux fois aussi large, comme dans les échantillons transylvains. Un autre caractère distinctif indiqué, la profondeur moindre du sillon ambulacraire antérieur, qui existe cependant, est peu appréciable, et ne me paraît pas sortir des modifications individuelles de l'*Hyp. Meneghinii.* Je ne saurais affirmer absolument que ces deux espèces, que je ne connais pas en nature, doivent être réunies à l'*Hyps. Meneghinii,* je tenais seulement à faire observer combien elles sont voisines.

LOCALITÉ. Monte Pulgo (Vicentin). Oligocène.

Explication des figures.

Pl. I. Fig. 2, 2 *a.* *Hypsopatagus Meneghinii*, de grandeur naturelle. Coll. P. de Loriol.
Fig. 2 b. Face inférieure du même individu, grossie.

ALEXANDRIA MAGNIFICA, Pfeffer.

SYNONYMIE.

Alexandria magnifica, Pfeffer, 1881, Die Clypeastriden des Hamburger Museum, Verhandlungen des naturw. Vereins v. Hamburg, 1880, p. 64, pl. I.

Deux exemplaires, qui me paraissent être des jeunes de cette espèce, ont été rapportés par M. Edmond Cotteau de la Nouvelle-Calédonie. Il importe cependant de signaler quelques différences. La face inférieure seule, réduite de moitié, du grand exemplaire décrit par M. Pfeffer, a été figurée, son contour est le même, seulement les côtés du pentagone sont un peu plus excavés, le bord postérieur, dans les petits exemplaires, ne l'est pas du tout, au contraire; dans ces derniers le périprocte, au lieu de se trouver au fond d'un sinus, s'ouvre à la face inférieure, tout à fait vers le bord, mais ne l'échancre pas. Sur la face supérieure on remarque, sur le pourtour, un léger rebord, peu épais, mais cependant bien distinct, dont M. Pfeffer ne fait pas mention, il dit que « le test est très mince (ce qui est exact) et que le bord est tout « plat, la face supérieure se relevant dans la région des ambulacres (ce qui est égale- « ment exact.) » L'appareil apical est très petit comme dans le type, mais les pores ocellaires ne sont pas particulièrement ouverts. Les ambulacres sont un peu plus effilés, peut-être un peu plus longs que dans le type, et ils ne sont pas *très ouverts* à leur extrémité. A part cela les autres caractères sont identiques. Les quelques différences

que je viens d'indiquer peuvent certainement provenir de la grande inégalité dans le développement des exemplaires comparés, l'exemplaire type ayant une longueur de 119 mm., tandis que celle des individus de la N^lle^-Calédonie ne dépasse pas 41 mm.; c'est pour cette raison que je n'envisage pas ces derniers, pour le moment, comme appartenant à une espèce nouvelle. Plus tard, peut-être, lorsqu'on connaîtra un plus grand nombre d'échantillons permettant d'étudier les phases de développement intermédiaires, on arrivera à un autre résultat. L'exemplaire type du musée de Hambourg est unique et sa provenance est inconnue. La rareté des tubercules et des granules, signalée par M. Pfeffer, est fort remarquable dans les petits exemplaires dont il est ici question. Sur les plus grandes plaques, dont les sutures sont bien distinctes, il n'y a que six ou sept tubercules, épars et très inégalement espacés, mais nettement scrobiculés, ce qui les rend assez apparents. Les granules qui occupent le reste de la surface sont très petits et également écartés, ne se touchant aucunement.

Le genre *Alexandria*, envisagé, avec doute, par M. M. Duncan (Revision, p. 165) comme devant rentrer dans le genre *Arachnoides*, me paraît devoir être maintenu. Il se rapproche, en effet, des *Arachnoides* par les sillons de sa face inférieure qui se continuent parfaitement droits et simples depuis le péristome jusqu'au bord, et par la position tout à fait marginale du périprocte, mais il en diffère par ses ambulacres et ses tubercules. Il diffère des Laganes par les sillons de la face inférieure atteignant le bord et par la position marginale du périprocte, aussi par la rareté des tubercules. Ce genre me paraît suffisamment caractérisé pour devoir être conservé.

J'estime qu'il convient de rapporter au genre *Alexandria* une espèce subfossile décrite par M. Cotteau sous le nom de *Laganum karamense* (Échinides nouveaux ou peu connus, Mém. de la Soc. zool. de France, 1888, p. 120, pl. 14, fig. 14-16), qui diffère des Laganes précisément par les sillons de la face inférieure arrivant au bord, et par son périprocte tout à fait marginal. Le type ressemble entièrement aux exemplaires de la Nouvelle-Calédonie que je rapporte à l'*Alexandria magnifica*, soit par la position de son périprocte, soit par sa forme générale, seulement ses aires interambulacraires paires sont un peu plus évidées sur le bord; comme dans ceux-ci le pourtour est environné d'un rebord à la face supérieure, mais ce rebord est plus large et plus épais; il diffère en outre par ses ambulacres plus larges et plus courts et par ses tubercules notablement moins rares. M. Cotteau dit que l'espèce vit dans la mer Rouge. Les individus qu'il a décrits proviennent de dépots quaternaires (?) de l'Ile de Karaman dans la mer Rouge.

Tripneustes variegatus (Klein), Ag.

Dans le « Catalogue raisonné des Échinodermes de l'Ile Maurice, » que j'ai publié dans le tome XXVIII des *Mémoires de la Société de Physique et d'Hist. naturelle*, j'ai donné la figure d'un exemplaire de cette espèce qui a subi une déformation singulière. Depuis lors M. de Robillard a envoyé plusieurs individus déformés de la même façon, et d'autres qui le sont d'une manière moins accentuée, mais qui sont remarquables par leur grande dépression, avec la face supérieure plus ou moins enfoncée. Il serait intéressant de savoir si quelque particularité dans la localité qu'habitent ces oursins pourrait fournir une explication de ces déformations qui affectent certainement un grand nombre d'individus ; M. Robillard n'a fourni aucun renseignement sur ce point.

Luidia Bellonæ, Lutken.

(Pl. III, fig. 3.)

SYNONYMIE.

Luidia Bellonæ, Lutken, 1864, Kritiske Bemærkninger om forskjellige Söstjerner, Videnskabelige Meddelerser fra den N. F. in Kjöbenhavn, 1864, p. 133 (11, tirage à part).
Id. Verrill, 1867, Notes on radiata, Trans. Connecticut Acad., vol. I, part. II, p. 293.
Id. Éd. Perrier, 1875, Revision des Stellérides du Museum d'hist. nat. de Paris, p. 338.
Id. Éd. Perrier, 1878, Repart géogr. des Astérides. Nouv. Arch. du Museum, 2me sér., t. I, p. 35, etc.
Id. Sladen, 1889, Report on the results of the Exp. of the *Challenger*, Zool., t. 30, Asteroidea, p. 247 et 740.

DIMENSIONS.

$R = 165$ mm. $r = 27$ mm. $R = 6r$.

Cinq bras relativement assez larges, convexes sur leur face dorsale, mais s'aplatissant graduellement en approchant de l'extrémité, leur largeur, à leur naissance, est égale à r, et elle diminue faiblement, et très graduellement, jusqu'à l'extrémité qui est brusquement acuminée. Le disque paraît avoir été assez renflé sur sa face dorsale.

Les paxilles, très serrées et contiguës, sont inégales ; les plus grandes forment, près de l'angle interbrachial, six séries, à peu près régulières, de chaque côté des bras, mais, en approchant de l'extrémité des bras, elles perdent de leur régularité. Ces grandes paxilles sont presque carrées et entourées d'un cercle de nombreux petits piquants

aciculés, tandis que le milieu est occupé par 9-16 granules allongés, obtus, inégaux, paraissant très finement granuleux sous un fort grossissement. Souvent le centre de la paxille est occupé par un aiguillon conique, assez long et pointu, mais on peut dire que le nombre de celles qui en portent est, relativement, faible, tout au moins dans l'individu que je décris; elles sont plus abondantes vers l'extrémité des bras qu'aux approches du disque, sur lequel on ne voit aucun piquant. Il n'y a pas d'aiguillons non plus sur la série de paxilles qui borde immédiatement les plaques marginales. Au milieu des bras et sur le disque les paxilles sont plus petites, avec une forme arrondie, et 6 à 9 granules seulement au milieu; elles ne forment plus de séries régulières.

Les plaques adambulacraires sont étroites, longues et séparées par un intervalle assez large, elles sont bordées, sur toute la longueur de leur côté adoral, par une lamelle très délicate, et, de l'autre côté, par une série de petites soies d'une grande finesse. Chacune porte trois piquants ambulacraires assez longs; l'interne est mince, arqué en forme de sabre, et fort aigu, le médian est plus long, plus droit et également aigu, l'externe, plus court ou à peu près égal, est obtus, même coupé carrément au sommet, et presque droit; quelques petits piquants et quelques soies très fines occupent la surface de la plaque.

Les plaques marginales, qui correspondent exactement aux plaques adambulacraires, sont également étroites et séparées par les mêmes intervalles; elles portent, sur leur face ventrale, quatre à cinq piquants courts et obtus, puis, sur le bord externe, trois autres piquants beaucoup plus longs et aigus qui constituent les piquants marginaux; le premier a une longueur double de celle des piquants ventraux, et égale le plus long des piquants ambulacraires, le second est à peu près semblable, le troisième, sur la face dorsale, est le plus court. Sur la face ventrale de nombreuses petites soies, plus ou moins fines, accompagnent les piquants; et se montrent surtout sur les bords des plaques; je n'ai pas su découvrir des pédicellaires.

Entre les plaques adambulacraires et les plaques marginales se trouve une série de très petites plaques qui paraît se continuer jusqu'à l'extrémité des bras. M. Sladen (Challenger, Report on the Asteroidæ) affirme que des plaques analogues se trouvent dans toutes les espèces de *Luidia* qu'il a examinées.

Plaque madréporique fort petite, située près du bord, dans l'un des angles interbrachiaux; elle est cachée entre les paxilles de la deuxième et de la troisième rangée, à partir du bord.

Couleur jaunâtre avec des taches brunes sur la face dorsale, plus pâle à la face inférieure.

L'échantillon que je viens de décrire est de grande taille ; il correspond fort bien à la description du type, sauf en un seul point. M. Lütken dit que le piquant ambulacraire externe forme une série avec les 4 à 5 piquants minces, plats et assez longs de la plaque marginale, dont les deux externes représentent les piquants marginaux, mais, du reste, ne sont pas différents des autres. Il ajoute, dans une note, que, dans le plus grand de ses exemplaires, ces piquants marginaux sont bien plus larges, relativement, que dans le plus petit. Si j'ai bien compris la description donnée par M. Lütken, je ne vois pas les choses tout à fait de la même manière. Dans l'exemplaire décrit les piquants de la face ventrale sont petits, relativement aux piquants marginaux, dont l'interne se développe rapidement, de plus, il existe sur la face dorsale, tout à fait sur le bord, une troisième rangée de piquants marginaux qui sont bien plus petits que les autres et ne seraient pas mentionnés par M. Lütken. Ces légères différences sont probablement des modifications individuelles dues au développement de l'individu, et ne me paraissent point pouvoir être envisagées comme des caractères spécifiques; il faut ajouter qu'il peut y avoir quelque divergence dans la manière d'apprécier l'arrangement des piquants. L'espèce n'a jamais été figurée, et je n'ai vu aucun autre exemplaire, je ne pense cependant pas me tromper en rapportant celui-ci au *Luidia Bellonæ,* qui est bien différent de toutes les autres espèces connues.

LOCALITÉ. Mazatlan. Recueilli par M. Forrer.

Explication des figures.

Pl. III. Fig. 1. Luidia Bellonæ, de grandeur naturelle. *Fig. 1 a*, plaques adambulacraires et plaques marginales avec leurs piquants, prises à gauche du sillon ambulacraire, grossies. *Fig. 1 b*, les mêmes plaques dépourvues de piquants; on voit en *a* la série de petites plaques intermédiaires. *Fig. 1 c*, plaque madréporique, grossie. *Fig. 1 d*, une paxille très grossie; beaucoup ont un nombre de granules plus considérable.

LUIDIA PENANGENSIS, P. de Loriol, 1891.

(Pl. III, fig. 2.)

DIMENSIONS.

R = 46 mm. r = 9 mm. R = 5 r.

Six bras relativement courts, très graduellement rétrécis dès leur base à leur extrémité, assez convexes sur leur face dorsale et relativement larges; leur largeur, à la base, est égale à r.

Les paxilles sont fort petites, arrondies, peu serrées; elles se composent d'un bouton unique, central, arrondi, entouré de six à onze soies très fines, très courtes, étalées; quelquefois elles portent encore un petit pédicellaire en pince à deux branches évidées au milieu. On compte, sur le bord de chaque bras, 4 ou 5 rangées régulières de paxilles un peu plus développées que les autres et, dans la région médiane, près de la naissance du bras, au moins 18 rangées de paxilles plus petites et plus irrégulièrement sériées. Vers l'extrémité des bras elles n'ont plus que 7 à 8 soies. Sur le disque les paxilles sont éparses et à peu près semblables à celles qui se trouvent sur le bord des bras.

Les plaques adambulacraires sont assez écartées l'une de l'autre et portent trois piquants ambulacraires fins et aigus, à peu près égaux; l'interne est recourbé, l'externe un peu plus épais que les autres. Souvent, aux trois piquants, s'ajoute encore un pédicellaire droit, fort long, presque aussi long que l'un des piquants, conique, à deux branches très peu évidées vers leur base, et très peu denticulées sur leur bord. Lorsque le pédicellaire est présent, le piquant externe est rejeté de côté, mais souvent il manque, et, à ce propos, il faut noter que, dans certains exemplaires, on trouve beaucoup plus de pédicellaires que dans d'autres.

Entre les plaques adambulacraires et les plaques marginales, qui se correspondent fort exactement, se trouve une série de plaques très petites, un peu arrondies, que l'on peut suivre jusqu'à l'extrémité des bras. Quelquefois cette petite plaque porte un pédicellaire.

Plaques marginales étroites, écartées; sur chacun de leurs bords se trouve une série de petites soies serrées, d'une grande finesse, relativement très apparentes. Au milieu, sur la face ventrale, on voit trois ou quatre petits piquants courts et coniques et, sur le bord externe, un seul piquant notablement plus long et très aciculé; la réunion de ces derniers constitue une seule série de piquants marginaux. On remarque encore, suivant les exemplaires, un ou deux pédicellaires droits plus courts que ceux des plaques adambulacraires.

Les pièces buccales portent plusieurs piquants courts et très fins dont je ne puis préciser le nombre, les deux extrêmes sont plus longs que les autres.

Plaque madréporique grande, arrondie ou un peu cordiforme, saillante, très apparente, couverte de sillons excessivement fins et très nombreux; elle est tout près du bord, dans l'un des angles interbrachiaux.

Variations. J'ai sous les yeux quatorze exemplaires appartenant à cette espèce;

ses caractères paraissent être d'une grande constance. Tous ont six bras sauf un seul qui en a cinq. La plaque madréporique est toujours saillante et très apparente. Seulement le nombre des pédicellaires varie dans d'assez grandes proportions, très abondants dans certains individus ils sont relativement rares dans les autres, mais ils conservent toujours la même forme et les mêmes dimensions.

Rapports et différences. Voisin du *Luidia forficifer*, Sladen, le *L. penangensis* en diffère par ses paxilles plus petites et plus serrées, ne portant, au milieu, qu'un *seul* granule en forme de bouton, par ses six bras, par le nombre plus faible de ses piquants sur les plaques marginales à la face ventrale, enfin par sa plaque madréporiforme, qui, loin d'être cachée dans les paxilles est, au contraire, très saillante et très apparente.

Localité. Pénang. Nombreux exemplaires envoyés à M. G. Schneider à Bâle.

Explication des figures.

Pl. III. Fig. 2. *Luidia penangensis*, de grandeur naturelle. *Fig. 2 a*, plaques de la face ventrale du même exemplaire, prises à droite du sillon ambulacraire, grossies. *Fig. 2 b*, les mêmes plaques dénudées, grossies, on distingue en *a* les petites plaques intermédiaires. *Fig. 2 c*, les mêmes plaques, vues de profil, prises à gauche du sillon ambulacraire. *Fig. 2 d*, plaque madréporique, grossie. *Fig. 2 e*, pédicellaire de la face ventrale, grossi. *Fig 2 f*, pédicellaire de la face dorsale, grossi. *Fig. 2 g*, fragment de la face dorsale, très grossi, la surface étant un peu altérée et la peau en partie enlevée, on voit le squelette, les paxilles ont résisté mais leurs soies sont en partie brisées. *Fig. 3*, fragment de la face dorsale dans un exemplaire bien conservé.

Nardoa mollis, P. de Loriol, 1891.

(Pl. III, fig. 4.)

DIMENSIONS.

$r = 16$ mm. $R = 111$ mm. $R. = 7r$.

Diamètre des bras à la base .... 16 mm.

Disque petit, convexe sur sa face dorsale. Cinq bras très longs, fortement convexes et arrondis sur leur face dorsale, très graduellement, mais fortement effilés jusqu'à leur extrémité qui est presque acuminée; la face ventrale est déprimée tout en conservant cependant une certaine convexité. La face dorsale est formée de plaques de

faibles dimensions, de forme assez irrégulière, plus ou moins ovales ou anguleuses, inégales et nullement disposées en séries. Sur le disque les plaques sont un peu plus grandes et plus arrondies. Entre les plaques se montrent de petites area porifères dans lesquelles les pores, très peu visibles, sont ordinairement disposés en cercle, laissant le milieu de l'area libre, sans que cet arrangement soit constant et partout régulier. A partir du milieu des bras, environ, les plaques diminuent de taille, deviennent peu à peu tout à fait indistinctes, se confondent les unes avec les autres, et ne font plus aucune saillie, en même temps les area porifères disparaissent et les pores ne se montrent plus que clairsemés. La granulation est extrêmement fine. Les granules qui couvrent le milieu des plaques sont un peu plus volumineux et légèrement prismatiques, ceux qui garnissent les intervalles sont plus fins, arrondis et homogènes. A partir du point où les plaques deviennent plus petites et finissent par ne plus se distinguer, la granulation devient extrêmement serrée jusqu'à l'extrémité des bras, mais elle ne devient pas homogène et on distingue toujours des granules plus gros et arrondis accompagnés d'autres bien plus fins. Les gros granules sont épars et ne se montrent plus groupés comme dans la région qui avoisine le disque.

Les plaques adambulacraires sont à peu près rectangulaires, fort courtes, presque cachées dans le sillon et comme divisées en deux par un sillon médian parallèle au sillon ambulacraire. Elles portent, dans le sillon, trois ou rarement quatre piquants, plats, assez épais et tronqués à l'extrémité, formant un petit éventail; l'un d'eux, adoral, est un peu en dehors. Aux abords du péristome il y a, assez généralement, quatre piquants, mais bientôt, et jusqu'à l'extrémité des bras, il n'y en a plus que trois. En dehors de cette rangée interne, qui est un peu séparée par le sillon, se trouvent encore quatre ou cinq piquants courts, épais et prismatiques, plus gros, mais ressemblant beaucoup aux granules des plaques adjacentes. Ces plaques sont petites, irrégulières, serrées; elles sont couvertes de granules prismatiques augmentant de volume du côté des plaques adambulacraires et se confondant avec les piquants ambulacraires, et elles constituent une petite série régulière allant jusqu'à l'extrémité des bras. Viennent ensuite, en dehors, deux séries de plaques arrondies, régulières, qui forment les côtés des bras et rejoignent les plaques non sériées de la face dorsale qui sont en général plus petites. Leurs intervalles sont occupés par des aires porifères semblables à celles de la face dorsale et la granulation qui les couvre est aussi identique. Ces deux séries de plaques latérales se distinguent presque jusqu'à l'extrémité des bras, où la surface de la face ventrale paraît comme couverte de gros granules

arrondis, serrés et presque uniformes. Autour du péristome les piquants ambulacraires ne paraissent pas différents des autres; ils sont seulement plus massifs.

Plaque madréporique de petite dimension, ovale et un peu acuminée aux deux extrémités, plane, couverte de sillons relativement larges et très irréguliers.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. L'espèce que je viens de décrire appartient bien au genre *Nardoa* tel que l'a récemment délimité M. Sladen. Elle se distingue, à première vue, du *Nardoa semiregularis*, Muller et Troschel, par les plaques de la face dorsale qui ne sont point disposées en séries régulières et deviennent tout à fait indistinctes dans la dernière moitié des bras. Les mêmes caractères la séparent du *Nardoa semiseriata*, v. Martens. Le *Nardoa Galatheæ*, Lutken, paraît certainement voisin, mais il se distingue par ses piquants ambulacraires au nombre de quatre dans chacune des deux séries, tandis que, dans l'espèce que je viens de décrire, il y en a rarement quatre dans la série interne, et trois ou deux dans la série externe, qui est irrégulière. Les plaques du *N. Galatheæ*, qui ne sont pas disposées en séries sur la face dorsale, paraissent cependant arrangées différemment, d'après la description de M. Lutken qui n'est pas très claire; cette description ne parle pas non plus de l'aspect si particulier des bras dans la région où les plaques deviennent indistinctes et sans saillie.

LOCALITÉ. N[lle]-Bretagne (Godeffroy). Ma collection.

Explication des figures.

Pl. III. Fig. 4. Nardoa mollis, P. de Loriol, de grandeur naturelle. *Fig. 4 a*, le même, vu sur la face ventrale. *Fig. 4 b*, plaques de la face dorsale, près du disque, grossies. *Fig. 4 c*, fragment de bras, vers l'extrémité; les plaques sont tout à fait indistinctes et on ne voit qu'une granulation serrée et inégale. *Fig. 4 d*, plaque madréporique, grossie. *Fig. 4 e*, plaques de la face ventrale, grossies. *Fig. 4 f*, plaques de la face ventrale, prises à droite du sillon, dénudées, grossies, *a* plaques adambulacraires.

NARDOA FINSCHI, P. de Loriol, 1891.

(Pl. II, fig. 4.)

DIMENSIONS.

$r = 17$ mm. $R = 115$ mm. $R =$ entre 6 et 7 r.

L'exemplaire étant assez contracté les dimensions ne sont que très approximatives.

Disque pas très étendu, relativement.

Cinq bras allongés, très effilés, mais fort graduellement, convexes sur leur face dorsale, aplatis sur leur face ventrale.

Le squelette de la face dorsale se compose de petites plaques circulaires, peu saillantes, en général assez régulières et assez égales entre elles, vaguement sériées vers la base des bras seulement, puis disposées sans ordre jusqu'à l'extrémité, près de laquelle elles ne diminuent pas sensiblement. Celles qui composent le disque ne sont pas plus développées que les autres. Ces plaques sont séparées par des intervalles fort irréguliers, tantôt très étroits, tantôt aussi étendus qu'elles-mêmes et arrondis. La granulation, qui recouvre entièrement toute la surface, soit à la face ventrale soit à la face dorsale, est très fine, très serrée, et presque homogène, toutefois les granules qui couvrent les ossicules sont un peu plus développés que les autres, et un peu prismaiques. Sur la face ventrale se trouvent, en dehors, deux séries régulières de plaques ovales, plus développées, qui se poursuivent très régulièrement jusqu'à l'extrémité des bras, reliant la face ventrale à la face dorsale; elles sont contiguës dans le sens de leur grand axe qui est parallèle au sillon ambulacraire; une série de plaques bien plus petites et un peu rectangulaires, qui vient ensuite, est contiguë aux plaques adambulacraires auxquelles elles correspondent en nombre. Ces dernières sont relativement petites, rectangulaires, et presque cachées dans le sillon ambulacraire; chacune porte deux sillons transverses. Dans les aires interradiales deux ou trois plaques supplémentaires seulement viennent s'intercaler.

Les aires porifères sont assez rapprochées et très irrégulièrement disposées; le nombre des pores ne paraît pas dépasser vingt et se trouve souvent bien plus faible; ils s'ouvrent parmi des petits granules très serrés, accompagnés souvent de très petits pédicellaires en pince. Entre les plaques qui touchent les plaques interambulacraires, et la série externe qui les avoisine, on ne voit point d'aires porifères.

Chaque plaque adambulacraire porte, sur le bord du sillon, trois et rarement quatre piquants épais et prismatiques, puis vient en dehors une petite série de deux piquants prismatiques plus massifs, puis, en dehors, une troisième série de deux ou trois piquants également épais, mais inégaux. En approchant du péristome, les piquants des deux séries externes deviennent toujours plus massifs et, sur les dents, tous deviennent à peu près triangulaires.

La plaque madréporique, située sur le bord du disque, est petite et pentagonale, couverte de sillons très fins et très contournés vers le centre.

Rapports et différences. Voisin à bien des égards du *Nardoa mollis*, P. de Loriol, que l'on rencontre dans les mêmes régions, le *N. Finschi* s'en distingue par ses ossicules plus réguliers de forme, et restant identiques dans leur contour et leurs dimen-

sions, jusqu'à l'extrémité des bras, au lieu de se modifier si particulièrement, puis par son disque relativement plus grand, par ses piquants ambulacraires différents, formant trois séries bien marquées contrastant fortement avec les granules des plaques adjacentes, et devenant très massifs et triangulaires autour du péristome. Dans le *Nardoa Novæ Caledoniæ*, Perrier, les ossicules sont plus saillants, plus développés, plus serrés, les deux séries de chaque côté de la face ventrale sont moins différentes de taille, les aires porifères sont bien plus petites relativement aux ossicules, le disque est plus grand avec un plus grand nombre de plaques intercalées dans les espaces interbrachiaux de la face ventrale, les piquants ambulacraires sont différents.

LOCALITÉ. Nouvelle-Bretagne. Rapportée par M. le Dr Finsch. Ma collection.

Explication des figures.

Pl. II. Fig. 4 a. *Nardoa Finschi*, P. de Loriol, vu sur la face dorsale, de grandeur naturelle. *Fig. 4 a*, disque du même, vu sur la face ventrale, de grandeur naturelle. *Fig. 4 b*, ossicules de la face dorsale d'un bras, grossis. *Fig. 4 c*, plaque madréporique, grossie. *Fig. 4 d*, ossicule de la face dorsale, très grossi. *Fig. 4 e*, plaque adambulacraire avec ses trois séries de piquants et plaque avoisinante, très grossis. *Fig. 4 f*, piquants de la plaque adambulacraire, très grossis, vus de face. *Fig. 4 g*, plaques adambulacraires et plaques voisines, dépourvues de granules et grossies.

NARDOA ÆGYPTIACA (Gray), Sladen.

SYNONYMIE.

Gomophia ægyptiaca, Gray, 1840, Ann. and Mag. of Natural hist., t. VI, p. 286.

Scytaster zodiacalis, Müller et Troschel, 1842, System der Asteriden, p. 35.

Oreaster Desjardinsi, Michelin, 1844, Essai d'une faune de l'Ile Maurice, Magasin de Zoologie, 1845, p. 23, pl. 11.

Scytaster ægyptiacus, Ed. Perrier, 1875, Revision des Stellérides du Museum, p. 164.

(Voir dans cet ouvrage le reste de la synonymie à laquelle il faut ajouter :)

Gomophia ægyptiaca, Gray, 1872, List of Echinoderms coll. by Mc Andrew in the Golf of Suez, Ann. and Mag. of Nat. history, vol. 10, p. 117.

Scytaster ægyptiacus, Ed. Perrier, 1878, Études sur la répartition géographique des Astéries, Nouvelles Arch. du Museum, 2me série, t. I, p. 17 et 80.

Scytaster ægyptiacus, J. Bell, 1888, Echinoderms from Tuticorin, Proc Zool. Soc. London, 1888, p. 338.

Nardoa ægyptiaca, Sladen, 1889, Report on the results of the voyage of the *Challenger*, vol 30, Asteroidea, p. 788.

Dans mon Catalogue raisonné des Stellérides de l'Ile Maurice, j'avais dit que cette espèce n'avait pas été retrouvée depuis Michelin. Depuis lors M. Robillard en a trouvé quelques exemplaires à l'Ile Maurice. Dans le plus grand R = 43 mm., dans le plus petit 34 mm. Ils sont parfaitement identiques au type du *Scytaster Desjardinsi* décrit et figuré par Michelin. Ils présentent aussi, exactement les mêmes caractères que des exemplaires des Iles Viti qui m'ont été envoyés par le Musée Godeffroi (dans le plus grand R = 57 mm.), seulement, dans ces derniers, les tubercules coniques sont notablement plus saillants ce qui change un peu l'aspect, ainsi qu'on pouvait déjà le remarquer en comparant la figure donnée du *Scytaster Desjardinsi*, du reste, comme on ne saurait trouver aucune autre différence, l'identité du *Gomophia ægyptiaca* et de l'*Oreaster Desjardinsi* me paraît absolument certaine, ainsi que cela est généralement reconnu. Du reste on en trouvera les preuves dans l'ouvrage précité de M. Ed. Perrier qui expose en outre les raisons péremptoires qui empêchent de confondre le *Nardoa ægyptiaca* et le *N. tuberculata*, Gray.

FROMIA JAPONICA, Ed. Perrier.

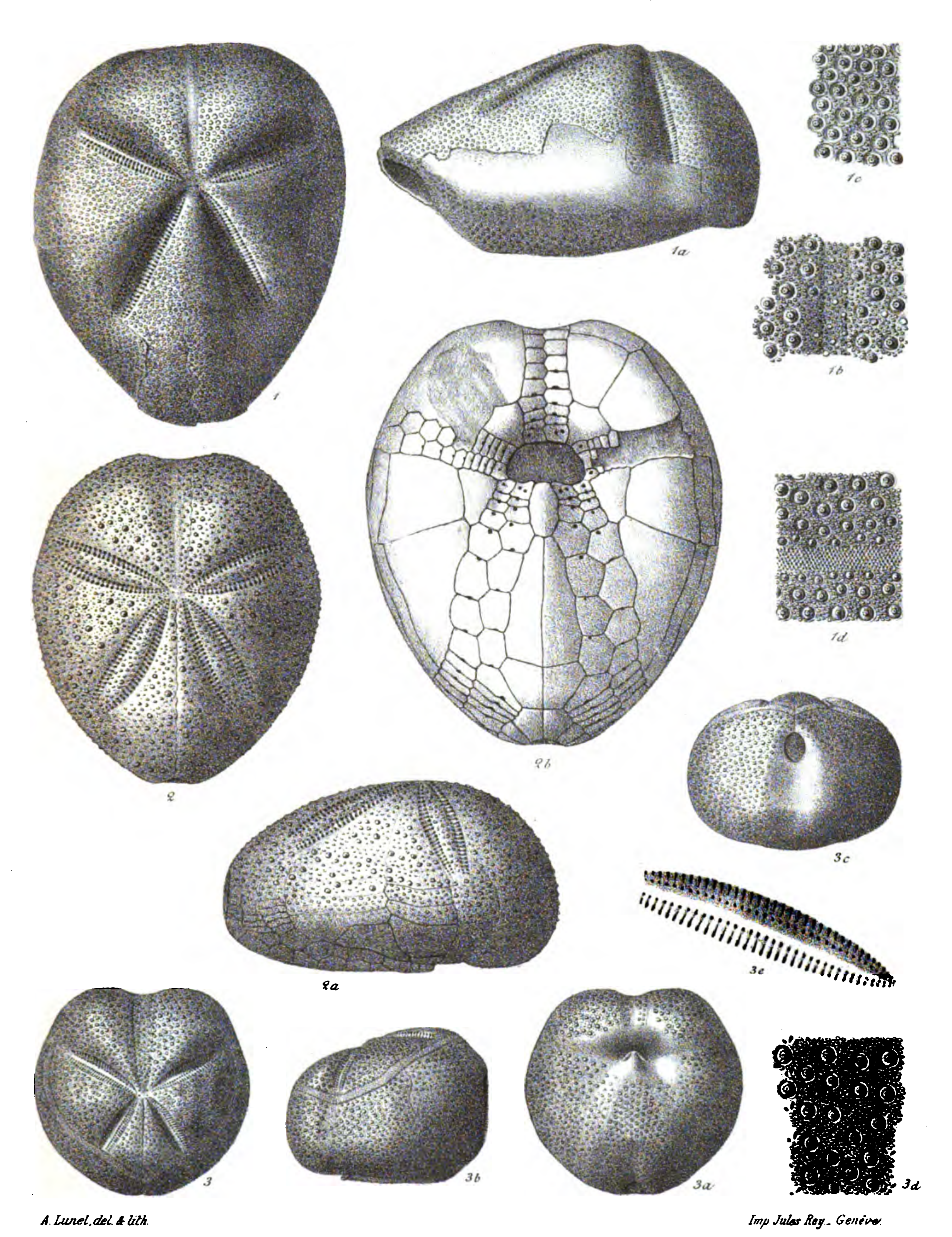
SYNONYMIE.

Fromia japonica, Éd. Perrier, 1884, Stellérides des dragages du *Blake*, Nouvelles Archives du Museum, 2me série, t. VI, p. 227, pl. IV, fig. 2.

Id. Sladen, 1887, Report on the results of the voyage of the *Challenger*, vol. 30, Asteroidea, p. 780.

Un échantillon appartenant à cette espèce a été rapporté de la Nlle-Calédonie par M. Edmond Cotteau. Ses caractères correspondent fort exactement à ceux qui ont été donnés par M. Ed. Perrier. La taille est un peu plus forte, R = 40 mm., r = 9 mm., R = 4,4 r. Cependant je ne trouve que 16 plaques marginales, ou latérales ventrales, pour chaque bras, au lieu de 17; les dorsales sont au nombre de 15, ou aussi de 16, et inégales, alternativement, quoique sans constance absolue. Vers l'extrémité des bras les plaques marginales dors . deviennent très convexes et portent, au centre, un groupe de granules notamment plus développés que les autres. Sur la face dorsale des bras les plaques de la rangée médiane sont plus grandes et plus régulières que celles des deux autres rangées. Tout à fait à l'extrémité des bras, les plaques des deux rangées marginales se touchent; la plaque impaire est renflée et un peu acuminée.

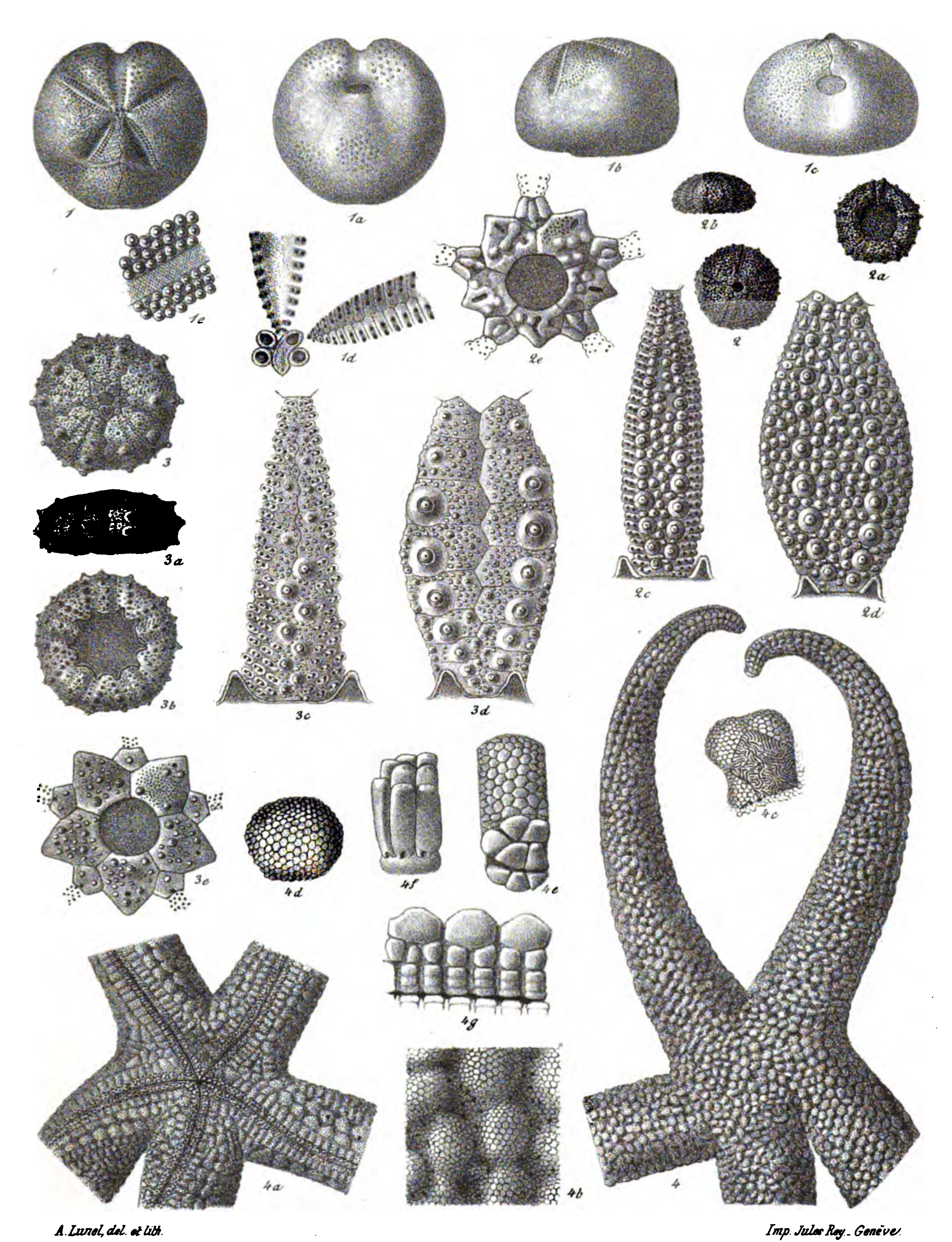
COLLECTION. Cotteau.



A. Lunel, del. & lith. Imp. Jules Rey _ Genève.

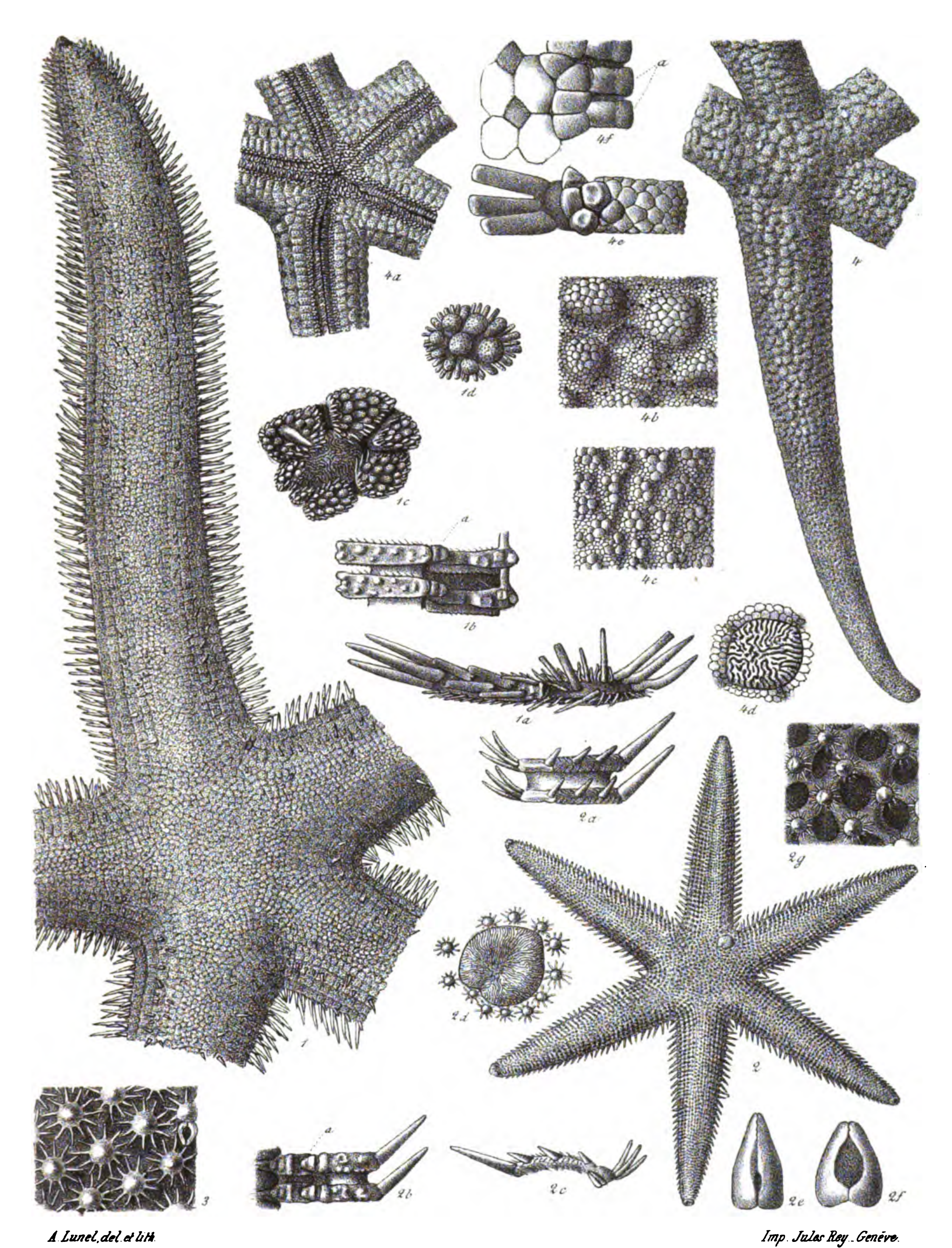
Fig. 1._ Macropneustes integer._ P. de Loriol. *Fig. 2._ Hypsospatangus Meneghinii._ Desor.*

Fig. 3._ Hemiaster galantigensis._ P. de Loriol.



A. Lunel, del. et lith. Imp. Jules Rey_Genève.

Fig. 1._ Linthia Laubei._ P. de Loriol.
Fig. 2._ Scaptodiadema Matheyi._ P. de Loriol.
Fig. 3._ Pseudopedina elegans._ P. de Loriol.
Fig. 4._ Nardoa Finschi._ P. de Loriol.



A. Lunel, del. et lith.

Imp. Jules Rey. Genève.

Fig. 1. _ Luidia Bellonæ. _ Lütken. *Fig. 2-3. _ Luidia penangensis. _ P. de Loriol.*

Fig. 4. _ Nardoa mollis. _ P. de Loriol.



Photocollographie F. THÉVOZ & Cᵉ, Genève.

Ascension d'Horace-Bénédict de Saussure et de son fils au Col du Géant en Juillet 1788.

(Reproduction d'un dessin authentique retrouvé dans les papiers d'H.-B. de Saussure relatifs à cette expédition.)

OBS

MÉTÉ

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — No 9.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

OBSERVATIONS
MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

COL DU GÉANT

du 5 au 18 juillet 1788

PAR

Horace-Bénédict de SAUSSURE

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

AVANT-PROPOS

Les observations météorologiques que H.-B. de Saussure fit au Col du Géant au mois de juillet 1788 constituent, telles qu'elles sont relatées dans ses *Voyages dans les Alpes*, un document précieux pour les physiciens de nos jours.

On a toujours regretté pour cette raison même de ne trouver dans l'ouvrage de l'auteur qu'un petit nombre de chiffres qui, eux-mêmes, ne donnent que des moyennes, et ne portent que sur une partie des observations. Dans l'état actuel de la météorologie, il y a un véritable intérêt à connaître les observations originales dans leurs détails, car il surgit tous les jours des questions nouvelles que l'auteur n'avait pu prévoir et pour lesquelles les rares données qu'on possède du siècle passé prennent une importance particulière.

A plusieurs reprises déjà des météorologistes m'avaient prié, en vue de leurs travaux, de relever quelques chiffres sur les carnets originaux de mon grand-père, c'est pourquoi je crois répondre au désir de beaucoup d'entre eux en donnant la reproduction exacte des tableaux où il avait consigné ses observations du Col du Géant, mises par lui en regard de celles qui se faisaient au même moment à Genève et à Chamounix.

J'ai donné à l'impression, tel quel, le manuscrit original, qui est en entier de la main de H.-B. de Saussure. La collation des épreuves avec l'original a été faite, il est superflu de le dire, avec le plus grand soin, et je crois être absolument certain, après vérification, de la reproduction exacte de tous les chiffres.

Henri de SAUSSURE.

OBSERVATION

FAITES AU COL DU GÉANT, A

Du 5 au 1

Numéros des observations [1].		Jour et Heure	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith.	Couleur du ciel à l'horizon.	Ecla du Solei
1.	CG	5. 9^h 20'm.	18.. 9 .10,5	....	+ 0,7	....	100	....	....	....	.....
	P	....	25.. 0 . 0,2		+11,9		92,3				0
	G	....	26..10..11,4		+13,4		81				
2.	CG	11^h 15'	....	....	+ 0,8	....	97	....	....	....	1
	P	....	....		+12,9		95				
	G	....	....		+14,3						0,5
3.	CG	12^h 30's.	18.. 9 .15,1	+ 4,6	+ 3,1	....	80	....	26	....	4
	P	....	25.. 0.. 2,7	+ 2,5	+13,9		92,6				0,5
	G	....	26..11.. 7,4	+12	+14,5		78				
4.	CG	2^h 25'	....	....	+ 1,5	....	90	....	26	6	7
	P	....	....		+14		90,9				1
	G	....	....		+15						
5.	CG	6^h 25'	18.. 9..13,7	— 1,4	+ 0,2	....	70,5	....	....	....	couch
	P	....	25.. 0.. 1,3	— 1,4	+13,4		88,8		19		
	G	....	26..11..12,4	+ 5,0	+13,7						
6.	CG	8^h	....	....	— 0,4	....	65	....	3	....	.....
	P	....	....		+12,7		90,2				0
	G	....	....		+13,3						
7.	CG	10^h	....	....	0	....	63,5	....	....	....	.....
	P	....	....		+10,4		97,8				
	G	....	....		+12,3						

[1] Abréviations du manuscrit : CG., Col du Géant ; — P., Prieuré ; — G., Genève ; — V., vapeur ; — B., brouillard ;

...ÉTÉOROLOGIQUES

...RIEURÉ (CHAMOUNI) ET A GENÈVE

...illet 1788.

...peurs.	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
B^3 8	B^5 10 6	SO^1 S	0 + 0,2	.... 21′ 45″	 14,9	Calme momentané vers la fin de l'orage. Neige et brouillard.
B^2 5	9, 5 9	SE^2 NE	+ 0,5	.... 21′ 40″	 14,9	Petit brouillard que perce le soleil et neige fine.
..... 5	6 8 9	SO^4 NE	+ 2	.... 21′ 23″	 14,9	Alternatives de soleil et de brouillard.
2 2	3 7	SO/NE SO	+ 0,5 0	.... 21′ 23″	 14,8	Petits brouillards d'un moment à l'autre.
3 1	5 5 9	NO^2 SO/N	....	.... 22′7″	 14,7	Mont-Blanc net, mais nuages filandreux au-dessus.
...ne 2 2	N.G.1 7 9	SO^2 SO	+ 1,5	.... 22′ 7″	.... 14.5	Horizon orangé au couchant.
..... 0	.... 5 9	N ±	0	22′ 7″	 14,9	Beau ciel, la Lyre seule exempte de scintillation. Aurore boréale pasle et douteuse.

...Gazes ; — N., Nuages ; — m., matin ; — s., soir. *(Note de l'Éditeur).*

Numéros des observations.		Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith.	Couleur du ciel à l'horizon.	Éclat du soleil
8.	CG	6. 4h m.	......	......	— 1,2	......	76	......	......	......	......
	P	......	......		+ 7,9		99,2				
	G	......	......		+ 10		85				
9.	CG	.. 6h	......	......	+ 0,3	......	90	......	......	......	0.3
	P	......	......		+ 8,7		99				
	G	......	......		+ 12,9		79,4				
10.	CG	.. 8h 45′	18.. 9..10,5	— 3,2	0	......	98	......	......	......	2
	P	......	25.. 0.. 7,7	+ 6,4	+ 12		90,5				
	G	......	26..11..14,5	+ 2,1	+ 12,7		79,3				
11.	CG	.. 10h 17′	......	......	0	......	95	......	30	6	......
	P	......	......		+ 14		81,2				0.5
	G	......	......		+ 13,9		77,7				
12.	CG	.. 12h	......	......	— 1,5	......	100	......	......	......	......
	P	......	......		+ 15,4		81,2				0.5
	G	......	......		+ 15,2		75				
13.	CG	.. 2h s.	18..10.. 2,6	+ 8,1	— 1,2	......	88	......	......	......	6
	P	......	25.. 0..11,2	+ 3,5	+ 15		78,9		21		2
	G	......	27.. 0.. 3,9	+ 5,4	+ 16,8		73				
14.	CG	.. 4h 30′	18..10.. 6,5	+ 3,9	— 1	......	100	......	......	......	1
	P	......	25.. 0..12,1	+ 0,9	+ 14,6		75,2				
	G	......	27.. 0.. 8,6	+ 4,7	+ 15		75,9				
15.	CG	.. 6h 55′	18..10.. 8,6	+ 2,1	— 2,2	......	100	......	......	......	......
	P	......	25.. 1.. 0,9	+ 4,8	+ 13,4		82,3				0
	G	......	27.. 0..10,9	+ 2,3	+ 14,5		77,5				
16.	CG	7. 6h 45′ m.	18..10..12,7	+ 4,1	+ 0,5	......	75	......	31	4	7
	P	......	25.. 1.. 7,8	+ 6,9	+ 10,6		94,1		11	8	7
	G	......	27.. 0..12,5	+ 1,6	+ 12,2		80		13	9	
17.	CG	.. 8h 40′	......	......	+ 1,5	+ 2,8	74	70,5	32	5	7
	P	......	......		+ 13,3	+ 15,2	85,7	82,3	18	10	10
	G	......	......		+ 14,0		77,0				
18.	CG	.. 10h 40′	18..11.. 2,2	+ 5,5	+ 3,6	+ 4,1	77	74	37	6	8
	P	......	25.. 1.. 5,4	— 2,4	+ 15,3		78,8		18	10	10
	G	......	27.. 0.. 9,5	— 3,0	+ 17,2		71		11	10	
19.	CG	.. 1h 5′ s.	18..11.. 3	+ 0,8	+ 5,3	+ 6,7	74	73,3	34	7	7
	P	......	25.. 1.. 0,2	— 5,2	+ 17,2		79		19	11	10
	G	......	27.. 0.. 8,1	— 1,4	+ 19,7		65,5		10	9	

Vapeurs	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
3	G 9	NO^5	+ 0,8	....	....	Gazes ou plumes sur tout le ciel excepté à l'horizon entouré d'une
5	5	NE		21' 45"	14,2	bande bleue.
	10	SO	0,0			
ou B 4	10	NO^5	0	....	....	Grésil. Vapeur bleuâtre ou brouillard au levant.
5	10	SO	0	21 45"	14	
ou B±	9	NO^6	0	....	....	Neige et grésil fins et serrés.
3	10	N		21' 22"	14,3	
2	6	NE^4	+ 2	28'7$^1/_2$"	+ 1,6	Nord-Ouest en haut.
3	9	SO/N		22' 30"	+ 14,5	
B^3	B^3	NO^3	+ 1,5	28' 30"	+ 1,3	Le brouillard vient de nous envahir ; il ne régnait pas quand
2	9	SO		22' 08"	+ 14,5	j'observais l'électromètre.
......	7	NO^6±	+ 2	28' 52"	— 0,3	Brouillard qui passe de temps à autre sur nos têtes.
3	5	SO	0	20' 37"	+ 14,2	
	6	SO	+ 0,8			Petite pluye.
B^3	B^3	NO^6±	+ 1	28' 52"	— 0,3	Brouillard passager dans le moment de l'observation.
3	9	SO		20' 37"	+ 14,2	
B^7	B^7	N^7 ±	....	26' 38"	— 1,2	Brouillard et vent du Nord ou Nord-Nord-Est très violent et inégal.
3	9	SO	0	21'	+ 14	Le temps reste le même toute la soirée.
	6	S	+ 0,3			
4	0	NO^3 ou calme	+ 1,7	26' 26"	+ 1	Temps superbe.
7	2	N	0	21' 22"	+ 13,4	
	0	SO	0			
4	0,1	NO.NE calme	+ 2	26' 26"	+ 2,3	Nuages couchés sur les montagnes les plus éloignées au Sud-Est.
2	0,5	SO	0	21' 22"	+ 14,3	
	0	SO				
3,5	1	0	+ 3,8	24' 22"	+ 5,7	Petite gaze à la cime du Mont-Blanc marchant au Sud-Est, mais
2	2	SO	0	21' 22"	+ 13,7	se dissolvant dès qu'elle s'en éloigne.
3	4	NO/calme	+ 3,7	24' 56"	+ 6	Grand nuage attaché au Mont-Blanc, et un autre détaché, strié sur
	1,3	SO	0	21' 56"	+ 13,7	ses bords.
	0	SO	+ 0,7			A midi le thermomètre à l'ombre était à 15,8* et au soleil à 20,7.

* Cette dernière note correspond à la ligne du Prieuré. *(Note de l'Editeur).*

Numéros des observations.		Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith.	Couleur du ciel à l'horizon.	Écl[at] du Sol[eil]
20.	CG	7. 3h 10' s.	....	......	+ 1,4	+ 3,3	70	68.3	27	6	[illegible]
	P	....	....		+ 18,5		76,5		21	11	[illegible]
	G	....	....		+ 18,2		70,5		11	7	
21.	CG	4h 40'	18..11.. 4,8	+ 1,8	+ 1,7	+ 4,1	67,5	67	23	5	[illegible]
	P	....	25.. 0..13,6	— 2,6	+ 18,4	+ 17,8	77,3	71	22	10	[illegible]
	G	....	27.. 0.. 4,0	— 4,1	+ 18,1		70,0				
22.	CG	6h	18..11.. 4,4	— 0,4	+ 1,5	+ 3,8	73,5	72,1	17	4	[illegible]
	P	....	25.. 0..12,5	— 1,1	+ 15,4		83,3				
	G	....	27.. 0.. 5,5	+ 1,5	+ 16,9		74,3				
23.	CG	8h	....	......	+ 0,5	......	71,3	......	6	......	......
	P	....	....		+ 13,5		89,2		17		
	G	....	....		+ 15,4		79				
24.	CG	10h	18..11.. 2,8	— 1,6	— 0,2	......	71	......	......	......	......
	P	....	25.. 1.. 1,7	+ 5,2	+ 11		92,9				
	G	....	27.. 0.. 4,7	— 0,8	+ 13,8		82,0				
25.	CG	12h	....	......	+ 0,1	......	66,3	......	......	......	......
	P	....	....		+ 11,3		94,5				
	G	....	....		+ 12,3		85,0				
26.	CG	8. 4h 15' m.	....	......	— 0,4	......	52,5	......	15	5	......
	P	....	....		+ 10		97,6				
	G	....	....		+ 9,1		91,0				
27.	CG	6h	....	......	+ 0,8	+ 2,8	53,6	51,5	32	6	5
	P	....	....		+ 12,5		89,4		17	8	7
	G	....	....		+ 11,6		85,0				
28.	CG	8h	18..10.. 9,2	— 9,6	+ 2,3	+ 4,3	68,3	66,9	......	......	4
	P	....	25.. 0.. 9,9	— 7,8	+ 14,6	+ 21,2	86	73,9			8
	G	....	26..11..15.3	— 5,4	+ 13,6		77,6		13	10	
29.	CG	10h	....	......	+ 2,8	+ 4,1	83,5	80,1	34	14	5
	P	....	....		+ 15,7	+ 18,3	75,1				8
	G	....	....		+ 16,5		71,4				
30.	CG	12h	18..10..10,3	+ 1,1	+ 3	+ 3	80	80	34	5	7
	P	....	25.. 0.. 0,5	— 9,4	+ 20,0	+ 22,4	75,2	69,2	19	9	10
	G	....	26..11.. 6,5	— 8,8	+ 19,5		65		10		
31.	CG	2h s.	18..10..10,3	0	+ 5,7	......	67	......	34	6	6
	P	....	24..11..14,9	— 1,6	+ 19,5	+ 23	80,7	64.9	21	9	8
	G	....	26..11.. 3,9	— 2,6	+ 21,5		60,7				

OBSERV

MÉTEORO

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME SUPPLÉMENTAIRE. 1890. — No 9.
CENTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

OBSERVATIONS
MÉTÉOROLOGIQUES
FAITES AU
COL DU GÉANT
du 5 au 18 juillet 1788

PAR

Horace-Bénédict de SAUSSURE

GENÈVE
IMPRIMERIE AUBERT-SCHUCHARDT
1891

Numéros des observations.		Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil,	Couleur du ciel au zénith.	Couleur du ciel à l'horizon.	Écla du Solei
44.	CG	9. 8h 10' s.	....	....	+ 0,3	....	99	....	....	....	.....
	P	....	....		+ 13,3		93,9				
	G	....	....		+ 17,5		92,2				
45.	CG	10h 5'	....	....	+ 0,5	....	100	....	....	....	.....
	P	....	....		+ 11,6		91,4				
	G	....	....		+ 16,5		95,5				
46.	CG	10. 4h m.	....	....	+ 0,3	....	93	....	....	....	.....
	P	....	....		+ 9,4		97				
	G	....	....		+ 12,1		99				
47.	CG	6h 30'	....	....	+ 2,4	....	91	....	....	....	5
	P	....	....		+ 11,9		92,8		18	7	6
	G	....	....		+ 15,0		93,0		14		
48.	CG	10h	18..11.. 8	+ 8,9	+ 4,8	+ 8,8	86	84	....	....	7
	P	....	25.. 0..15,3	+ 10,8	+ 19,3	+ 21,6	70,9	68,2		8	8
	G	....	27.. 0.. 1,6	+ 16,6	+ 20,2		80,5		20		
49.	CG	12h	18..11.. 9	+ 1	+ 4,3	....	95	....	....	....	0
	P	....	25.. 0..13	— 2,3	+ 22,3	+ 22,7	72,7	66,1	19		9
	G	....	27.. 0.. 0,9	— 0,7	+ 21,2		79,4		23		
50.	CG	2h 15' s.	19.. 0.. 0,6	+ 7,6	+ 3,3	....	93	....	23	5	1
	P	....	25.. 0..11,4	— 1,6	+ 19,7	+ 20,4	70,8	60,8	20	9	7
	G	....	27.. 0.. 0,0	— 0,9	+ 23		76,7		22		
51.	CG	4h 20'	18..11..14,4	— 2,2	+ 2,8	....	95	....	....	....	2
	P	....	25.. 0..11,4	0	+ 18,1		71,2				0
	G	....	26..11.. 8,5	— 7,5	+ 22,1		78,4		21		
52.	CG	6h	18..11..14,3	— 0,1	+ 3,5	....	89,5	....	....	....	.....
	P	....	25.. 0..12	+ 0,8	+ 16,9		75,6		24		5
	G	....	26..11.. 7,3	— 1,2	+ 21,0		81		19,5		
53.	CG	8h 40'	....	....	+ 2,4	....	98	....	....	....	.....
	P	....	....		+ 14,2		85,8		16	5	
	G	....	....		+ 18,6		93,1				
54.	CG	10h	....	....	+ 2,3	....	95	....	....	....	.....
	P	....	....		+ 12,4		90,1				
	G	....	....		+ 17,1		94,6				
55.	CG	11h 20'	....	....	+ 1,5	....	97	....	....	....	.....
	P	....	....		+ 11,7		90,9				
	G	....	....		+ 15,8		95,5				

...peurs.	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
..... 3,3	.... 6,7 5	ONO^{2} E E	 0,0	26′ 15″ 24′ 22″	+ 4,3 + 14,3	Les tentes mouillées par la pluye mêlée de grésil qui est tombée à 7 heures sont gelées, nous souffrons beaucoup du froid.
.....	6 8 5	NNO^{7} O E	 0,0	.... 24′ 22″	.... + 14,5	Vent violent et glacial, tentes toujours gelées. Nous nous réfugions dans nos lits.
4 3,3	2 6,7	Calme. SO	+ 0,5 0,0 0,0	26′ 15″ 25′ 7″	+ 1,2 + 14	Limbe violet à l'Ouest. Nuages cotonneux sur les montagnes de l'Italie.
4 5	1 2 3	Calme. NO NO	+ 0,3 + 1,0	22′ 30″ 25′ 7″	+ 2 + 14,2	Nuages cotonneux sur quelques montagnes. Nuages bas épars dans les vallées. Brouillard.
...illard ...rive. 3,3	4 5 1	Calme. O/NO NE	.... + 0,3	.... 25′ 7″	.... + 14,6	Le calme parfait explique la chaleur du thermomètre au soleil, car l'observation est bien exacte. Nuages à l'horizon.
3 0,5	4 5 1	Calme ou SO^{2} NE/O NE	+ 2,2 0,0 + 0,4	23′ 37″ 25′ 7″	+ 6,7 + 14,8	Brouillard passant près de nos têtes entre le soleil et nous. Nuages à l'horizon.
2 2	7 5 1	NNE^{2} SO E	+ 2,0 0,0 + 6,0	22′ 41″ 25′ 7″	+ 7,5 + 15,3	Le thermomètre à l'ombre à 1^{h} 30′ a été pendant quelques instants à + 9,8. Nuages à l'horizon.
1 3,3	8 8 3	NNE^{3} SO	+ 2,0 0,0 + 0,5	24′ 33″ 25′ 7″	+ 5,3 + 15,6	Vent froid bien incommode. Quelques nuages striés.
4 3,3	9 7 4	NNE^{3} SO N	+ 2,2 0 + 1,2	24′ 22″ 25′ 7″	+ 4,8 + 15,8	Nuages adhérents à la cime du Mont-Blanc. A 7 heures, brouillard et Iris de lune.
.... 5	9 3,3 8	NNE^{3} SO NE	+ 0,3	22′ 52″ 25′ 7″	+ 6,1 + 15,3	Ciel orange pasle au couchant.
.... 0	9,5 2	NNE^{3} Calme.	....	.... 25′ 30″	.... + 15,6	La lune se baigne dans le nuage adhérent à la cime du Mont-Blanc.
....	4 2	SO^{2} Calme.	+ 0,2	.... 25′ 30″	.... + 15,5	Crépuscule toujours visible.

Numéros des observations.		Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre. au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith.	Couleur du ciel à l'horizon.	E[illegible] d[illegible] S[illegible]
56.	CG	11. 4^h 10'm.	....	....	+ 1,6	....	84	....	14	6	[illegible]
	P	....	....		+ 9,2		94		14	6	
	G	....	....		+ 12,9		99				
57.	CG	6^h	....	....	+ 4,8	+ 9	78	77	....	....	4
	P	....	....		+ 8,6		97,3		14	7	7
	G	....	....		+ 15,7		91,4				
58.	CG	8^h	19.. 0.. 6	+ 7,7	+ 5,8	+ 8,8	79,2	76	34	12	7
	P	....	25.. 1.. 8,8	+ 12,8	+ 16,5	+ 19,5	79,4	69,2	16	9	9
	G	....	27.. 0.. 4,9	+ 13,6	+ 18,1		86,3		19		
59.	CG	10^h	19.. 0.. 9	+ 3	+ 6,1	+ 7,3	90	90	....	....	3
	P	....	25.. 1.. 8,1	— 0,7	+ 20,7	+ 23,4	71,2	64,7		9	7
	G	....	27.. 0.. 7,0	+ 2,1	+ 20				23		
60.	CG	12^h	19.. 0.. 8,0	— 1	+ 8	....	86	....	....	....	0.
	P	....	25.. 1.. 6,0	— 2,1	+ 21,3	+ 23,6	67	64,3		9	7.
	G	....	27.. 0.. 5,1	— 1,9	+ 22,3		77,2		25		
61.	CG	3^h 10's.	19.. 0.. 8,2	+ 0,2	+ 4,7	....	84	....	....	....	0.
	P	....	25.. 1.. 1,9	— 4,1	+ 20,7		69,9		21		9
	G	....	26..11..15,4	— 5,7	+ 23,3		73,7		27		
62.	CG	6^h	19.. 0.. 8	— 0,2	+ 2,3	....	93,7	....	....	....	....
	P	....	25.. 1.. 6,9	+ 5,0	+ 16,9		73				0
	G	....	26..11..14,0	— 1,4	+ 21,9		71,6		17		
63.	CG	8^h 15'	19.. 0.. 9	+ 1	+ 0,9	....	99	....	....	....	....
	P	....	25.. 1..11,4	+ 4,5	+ 15,5		78,8		16	7	
	G	....	27.. 0.. 2,1	+ 4,1	+ 20,3		78,5				
64.	CG	12^h s.	....	....	+ 2,1	....	70	....	....	....	....
	P	....	....		+ 13,6		91				
	G	....	....		+ 16,3		82,3				
65.	CG	12. 4^h 15'm.	....	....	+ 1,8	....	74	....	....	....	....
	P	....	....		+ 8,5		98		17	7	
	G	....	....		+ 13		94				
66.	CG	6^h	....	....	+ 3,3	+ 5,8	77	72,8	27	....	6
	P	....	....		+ 11,5		93,7		17	8	8
	G	....	....		+ 16,0		85		21		
67.	CG	8^h	19.. 0.. 8,1	— 0,9	+ 5	+ 8,8	70,5	69	27	6	7
	P	....	25.. 1..11,2	— 0,2	+ 16,8	+ 21	79,2	70,1	17	9	10
	G	....	27.. 0.. 8,4	+ 6,3	+ 18,3		84,8		23		

pers.	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
4	1	Calme.	0	26′ 15″	+ 2,4	Gaze générale. Limbe violet à l'Ouest.
3.3	0,5	N		25′ 30″	+ 15,1	
	0	0	0,0			Rosée abondante.
3	1	Calme.	+ 0,3	28′ 7″	+ 3	Gaze à l'Ouest. Nuages cotonneux sur les montagnes à l'Est.
5	0,5	N	0,0	25′ 30″	+ 14,4	
						Quelques stries blanches
5	G⁴/N²	Calme ou variable.	+ 0,5	25′ 7″	+ 4,7	Nuages cotonneux à l'Est et au Sud Gaze au zénith et au-dessus du Mont-Blanc.
3.3	2	SO/NE		25′ 30″	+ 15	
	5	NE	+ 1,0			Nuages au Sud.
4	8	Calme ou variable.	+ 2,2	....	....	Brouillards très rares montant par intervalles de la Val d'Aoste.
2	7	NO	0,0	25′ 30″	+ 15,2	Nuages au Sud-Est.
	5	NE				Quelques stries blanches.
.....	G et N⁷	Calme ou variable.	+ 0,5	....	....	Châteaux de nuages élevés sur les montagnes d'Italie et chassés par le SO.
2	4,5	SO	0,0	25′ 30″	+ 15,6	
	5	NE	+ 0,8			
3	Gaze épaisse et N8	N²	....	....	....	La gaze se convertit en vrais nuages. Neige et orage à $4^h \frac{1}{2}$.
3.3	5	0	0,0	25′ 30″	+ 15,9	A 5^h, électricité + 6,5.
	5	NE	+ 1,1			Nuages autour de l'horizon.
.....	10	NNO²	+ infinie	....	....	Orage, tonnerre derrière les Aiguilles au Nord-Ouest. Grésil à 6^h 15. Ce grésil est mamelonné de grains arrondis. —Tonnerre*.
8	10	SO	+ 1,2	25′ 30″	+ 16,2	
	9	NE	+ 0,9			Nuages autour de l'horizon. Stries blanches dans tout le ciel.
B 4	6	Calme.	+ 0,2	....	....	Lune baignante.
3.3	5	NE	0	25′ 30″	+ 15,7	
	0	NE				
.....	1	NNE1 ou calme.	+ 0,5	....	....	Tentes gelées. Eclairs perpétuels vers l'horizon à l'ESE. Crépuscule parfaitement distinct au Nord.
0	3.3			25′ 30″	+ 16,0	
4	0	Calme.	+ 0,3	22′ 30″	+ 1	
3.3		N		25′ 52″	+ 15,6	
	0	0	0,0			
4	2	Calme.	+ 2	20′ 37″	+ 9,8	Gaze à l'Ouest. Nuages cotonneux au Nord.
3.3	0.5	NE		25′ 30″	+ 15,7	
	3	N	+ 1,2			Nuages au NE et quelques stries dans le ciel.
6	G²/N²	Calme.	+ 1,5	21′ 45″	+ 14,3	Gazes de nuages autour de l'horizon.
3.3	0	N	0	25′ 7″	+ 16,1	
	3		+ 0,8			Nuages du Nord au SO.

* Tonnerre au Prieuré *(Note de l'Éditeur).*

Numéros des observations.		Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith	Couleur du ciel à l'horizon.	Ecl du Sole
68.	CG	12. 10^h m.	19.. 0.. 8,5	+ 0,4	+ 6,8	....	83,7	....	....	....	0
	P	....	25.. 1.. 9,2	— 2,0	+ 19,5	+ 23,7	61,6	59	18	9	10
	G	....	27.. 0.. 7,7	— 0,7	+ 20,8		80,9		24		
69.	CG	12^h	19.. 0.. 7,7	— 0,8	+ 4,3	....	89	....	34	14	8
	P	....	25.. 1.. 6,4	— 2,8	+ 20,7	+ 23,8	60,9	58,4	18	9	10
	G	....	27.. 0.. 4,6	— 3,1	+ 23		73,6		22		
70.	CG	2^h 20′ s.	19.. 0.. 5,7	— 2	+ 6,6	+ 8,5	77,5	76,7	....	....	8
	P	....	25.. 1.. 3,5	— 2,9	+ 21,3	+ 23,4	63,2	60,1	19	9	7
	G	....	26..11..14,1	— 6,5	+ 23,7		68,2		16		
71.	CG	4^h 20′	19.. 0.. 4,3	— 1,4	+ 4,1	+ 5,5	86,3	85	....	....	6
	P	....	25.. 1.. 0,4	— 3,1	18,8	22	65,2	62,3	15	8	2
	G	....	26..11..10,0	— 4,1	22,5		73,5		21		
72.	CG	6^h 10′	19.. 0.. 4,1	— 0,2	+ 4,3	....	88	....	15	....	.....
	P	....	25.. 1.. 2,5	+ 2,1	+ 17,2		75,6		18		7
	G	....	26..11.. 8,1	— 1,9	+ 22,2		78,5		14		
73.	CG	8^h 10′	19.. 0.. 5,7	+ 1,6	+ 3,1	....	88,3	....	4	....	.....
	P	....	25.. 1.. 5,5	+ 3,0	+ 15,3		83,7		16	6	0
	G	....	26..11.. 9,4	+ 1,3	+ 22,0		77,7				
74.	CG	10^h 15′	....	....	+ 1,8	....	96	....	....	....	.....
	P	....	....		+ 11,7		88,8				
	G	....	....		+ 18,7		84,5				
75.	CG	12^h	....	....	+ 1,7	....	94	....	....	....	.....
	P	....	....		+ 10,1		91,5				
	G	....	....		+ 16,8		89,0				
76.	CG	13. 5^h m.	....	....	+ 2,8	+ 6,6	100	100	24	14	4
	P	....	....		+ 9,0		97,3		14,5	6,5	8
	G	....	....		+ 13,0		98,0				
77.	CG	8^h 10′	18..11.. 7,2	— 14,5	+ 3,3	+ 4,8	87	86	....	....	2
	P	....	25.. 0.. 4,0	— 17,5	+ 17,6	22,7	75,6	69,3	18	8	9
	G	....	26..11.. 0,0	— 9,4	+ 18,1		85,5		20		
78.	CG	10^h 10′	18..11.. 6,5	— 0,7	+ 4,9	+ 5,1	91	91	....	....	1
	P	....	25.. 0.. 0,0	— 4,0	+ 21,4	+ 23,8	64,6	64	19	8	10
	G	....	26..10..12,0	— 4,0	+ 21,9		78,2		21		
79.	CG	11^h	18..11.. 5,5	— 1	+ 6,6	....	89	....	....	....	0,5
	P	....	24..11..14,6	— 1,4	+ 22,5		64,2		19	8	9
	G	....	26..10.. 9,4	— 2,6	+ 23,2		74,6		22		

peurs.	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
5	4	Calme.	....	16′ 7″	+ 18	Nuages qui passent en rasant la cime du Mont-Blanc, mais sans
2	0,5	N		25′ 7″	+ 16	s'y attacher.
	5	NE	+ 0,5			Nuages du Nord au Sud-Ouest.
4	4	SO^1	+ 2,0	17′37″	+ 16,2	Brouillard ou nuages clairs passent sur nos têtes et traversent en
2	2	N	0,0	24′45″	+ 16,2	Savoie.
	8	NE	+ 1,0			Ciel ouvert par trous vers l'Est.
2	7	N^1	+ 1	19′30″	+ 17,4	Gazes tout près du Mont-Blanc.
2	5	NE/NO	0,0	24′45″	+ 16,6	
	8	E	+ 1,4			Ciel ouvert par trous vers l'Est.
5	G^8/N^8	N^3	+ 0,9	20′52″*	+ 10,1	Mont-Blanc dégagé, mais grandes gazes et grands châteaux de
2	7	E	0	20′37″	+ 16,7	nuages.
	8	E	+ 0,5			Ciel ouvert par places vers l'Est.
4	G^5/N^5	N^2	+ 0,2	22′ 7″	+ 7,8	Nuage épais liseré d'un blanc éclatant derrière le Mont-Blanc.
2	7	E	0	20′37″	+ 16,7	
	6	NE	+ 1,2			Nuages du Nord à l'Est. Brouillard.
5	2	Calme.	....	....	....	
3,3	3,3	NE	0	20′37″	+ 16,9	
	0	E				
B 6	1	NE1 ou calme.	+ 1	24′22″	+ 3	Thermomètre dans la neige 0; en contact avec sa surface —0,2;
0	0	N	0	21′ 0″	+ 17	à 1 ligne au-dessus 0; à 20 pouces + 1,8; sa surface est
						gelée.
.....	1	Calme.	+ 0,2	....	....	Crépuscule distinctement visible au Nord.
						Trois bandes étroites et blanchâtres au ciel en forme d'Y.
B^3	1	SO^1	0	21′45″	+ 4,5	Limbe violet au couchant; petits nuages passant au pied des Ai-
3,3	0	NE		20′37″	+ 16,4	guilles.
	0	O	0,0			
B^7	B^7	SO^1	+ 0,2	23′37″	+ 12,5	Brouillards passagers montant de la Vallée d'Aoste.
3,3	0	N	0	24′45″	+ 17,1	
	0	N	+ 1,1			Vapeur qui empêche de distinguer les couches du Mont-Salève.
						Orage terrible dans l'Isle de France.
B^7	B^7	SO^1	+ 0,1	23′15″	+ 13	Les brouillards montent d'un mouvement régulier jusqu'à ce
2	2	NO/N	0	24′ 0″	+ 16,8	qu'ils aient dépassé le Mont, mais alors ils voltigent en tous
	0	NE	+ 1,1			sens.
B±	B±	Calme.	0	21′	+ 12,9	Brouillards comme au numéro 78.
2	3	NO/N	0	24′11″	+ 16,9	
	0	NE	+ 0,8			

Chiffre incertain, le zéro? étant dissimulé par une tache d'encre. (*Note de l'Éditeur.*)

Numéros des observations.	Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith.	Couleur du ciel à l'horizon.	Ecl du sole
80. CG	**13.** 12h 20'm.	18..11.. 6,6	+ 1,1	+ 9,3	....	84	....	....	....	1
P	....	24..11..12,5	— 2,1	+ 24	+ 24,5	64,1	60	20	8	8
G	....	26..10.. 9,2	— 0,2	+ 25,2		64,6		23		
81. CG	2h s.	18..11.. 9	+ 2,4	+ 4,7	+ 5	77	75	25	....	6
P	....	24..11..10,3	— 2,2	+ 20		69		20		2
G	....	26..10..10,3	+ 1,1	+ 25		63,5		25,5		
82. CG	4h	18..10..15,4	— 9,6	+ 8	....	75	....	....	....	0
P	....	24..11.. 8,9	— 1,8	+ 19,7		67,8		21		1
G	....	26..10..15,2	+ 4,9	+ 21,8		67,3				
83. CG	6h	18..10..14	— 1,4	+ 3,3	....	95	....	....	....	....
P	....	25.. 0.. 1,9	+ 9,4	+ 15,7		95				0
G	....	26..11.. 9,6	+ 10,4	+ 19,3		68,9				
84. CG	8h 15'	18..11.. 0,8	+ 2,8	+ 3,1	....	94	....	....	....	....
P	....	25.. 0..10,2	+ 8,3	+ 14,3		96				
G	....	27.. 0.. 3,1	+ 9,5	+ 17,4		76				
85. CG	11h 15'	....	....	+ 1,5	....	96	....	....	....	....
P	....	....		+ 12,3		95,6				
G	....	....		+ 13,8		81,4				
86. CG	**14.** 4h 10'm.	....	....	— 0,7	....	96	....	20	7	....
P	....	....		+ 9,6		98		16	6	
G	....	....		+ 10,8		96				
87. CG	6h	....	....	+ 3	+ 6,9	82,3	81,5	....	....	4
P	....	....		+ 9,9		95,2		16	6	9
G	....	....		+ 13,8		84,8		13		
88. CG	8h 20'	18..10..14,7	— 2,1	+ 5	+ 6,8	79	78	23	9	7
P	....	25.. 0..13,5	+ 3,3	+ 13,4	+ 15,9	90,0	86,6	18	7	10
G	....	27.. 0.. 4,5	+ 1,4	+ 16,1		83,4		21		
89. CG	10h 10'	18..11.. 2,3	+ 3,6	+ 5,8	+ 6,9	83,5	80,4	26	13	8
P	....	25.. 0.. 7,5	— 6,0	+ 16,5	+ 18,2	82,2	78,1	18	8	10
G	....	27.. 0.. 1,1	— 3,4	+ 17,9		79,3		25		
90. CG	12h 30'	....	....	+ 5,9	+ 6,9	74,2	74,1	27	17	9
P	....	....		+ 18,7	+ 19,5	75,9	74,6	19	9	10
G	....	....		+ 19,7		76,3		25		
91. CG	2h 15' s.	18..11.. 1,2	— 1,1	+ 6,8	+ 6,8	71,2	71,2	34	14	9
P	....	24..11..15,1	— 8,4	+ 19,7	+ 20,0	75,5	70,0	19	9	10
G	....	26..11.. 7,3	— 9,8	+ 20,1		75,8		26,3		

apeurs	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
4	7	SO^{1}	+ 0,5	22' 7"	13,4	Les brouillards s'élèvent et diminuent.
2	5	O/SO	0	24' 22"	+ 16,9	
	4	O^{2}	+ 1,0			Le θ à une heure était à 26,2.
3,5	G^{4}/N^{8}	N^{1}	+ 0,9	21' 45"	+ 13,1	
2	8	SO		24' 22"	+ 16,6	
	3		+ 1,2			Quelques nuages au Nord et à l'Est.
2,5	9	SO^{1}	+ 0,8	22' 7"	+ 11,2	Les nuages baissent.
3,3	8	SO		24' 0"	+ 16,8	
	8	NE^{2}	+ 1,6			Quelques stries et pommelures.
VB 4	10	Calme.	+ 0,5	22' 30"	+ 10,7	Il pleut au moment de l'observation, mais la pluye cesse d'abord.
6	8	SO		23' 37"	+ 17	
	10		+ 1,0			
VB 6	8	O^{4} ou calme	0	....	....	Petites bouffées de pluye par intervalles.
6	10	SO	0	23' 37"	+ 16,9	
	10					Quelques gouttes de pluye,
.....	7	Variable.	....	....	....	Nuages agités en tous sens. Surface de la neige gelée, mais non
	8			23' 37"	+ 17	pas les tentes ni un mouchoir mouillé tendu au-dessus de la neige.
.....	1	SO^{1}	0	22' 30"	+ 0,7	Limbe violet au couchant. Nuages dans les vallées à l'Est.
3,3	0,5	NNO	0	23' 37"	+ 16,4	
	5	O	0,0			
5	1	Calme.	+ 1,7	22' 7"	+ 6	Nuages cotonneux sur les montagnes à l'Est.
3,3	2	N	0	24' 0"	+ 15,9	
	5	NO	+ 1,6			
5	1	NNE 1 ou calme.	+ 2,1	....	....	Nuages cotonneux près de l'horizon. Vers les 9 heures l'hygro-
2	2	N	0	25' 7"	15,7	mètre est venu à 65.
	4	NE	+ 1,2			Nuages légers à l'horizon.
5	1	Variable.	+ 1,8	....	....	La vapeur est très sensible, non seulement dans les vallées, mais
2	2	SO	0,0	25' 7"	16,4	à l'horizon.
	3	E	+ 0,7			Les nuages à l'horizon diminuent.
4	1	SO^{1}	+ 2	22' 30"	+ 16,5	Nuages cotonneux sur les montagnes.
2	2	E/SO	0	25' 7"	+ 16,7	
	3	E	+ 1,4			
3	1	SO/Calme.	+ 2,9	20' 15"	+ 15,6	Quelques gazes du Nord-Ouest au Sud-Est.
2	2	SO		25' 7"	+ 16,7	
	2	E	+ 1,6			

Numéros des observations.		Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith.	Couleur du ciel à l'horizon.	Écla[t] du Sol[eil]
92.	CG	**14.** 4^{h} s.	18..11.. 1,2	0	+ 6,7	+ 9,1	62	60	26	8	8
	P	....	24..11..11,9	— 3,2	+ 19	+ 20,5	74	74	19	8	9
	G	....	26..11.. 3,1	— 4,2	+ 19,1		77		26		
93.	CG	6^{h} 10′	18..10..15,6	— 1,6	+ 4,3	....	76	....	22	6	8
	P	....	24..11..15,7	+ 3,8	+ 16,7		84,3		20	8	
	G	....	26..11.. 2,3	— 0,8	+ 19,3		78,9		23		
94.	CG	8^{h} 10′	18..11.. 0,7	+ 1,1	+ 2,8	....	95	....	5	....	.....
	P	....	25.. 0.. 4,4	+ 4,7	+ 13,9		88,7		17	6	0
	G	....	26..11.. 3,8	+ 1,5	+ 18,1		82,5				
95.	CG	10^{h} 45′	....	....	+ 1,8	....	100	....	....	....	.....
	P	....	....		+ 11,4		94,6				
	G	....	....		+ 14,7		89,3				
96.	CG	**15.** 4^{h} 5′m.	....	....	+ 0,7	....	94	....	12	4	.....
	P	....	....		+ 11,3		91,2		11	5	0
	G	....	....		+ 10,4		99,8,				
97.	CG	6^{h}	....	....	+ 3,7	+ 5	80	78,3	22	7	5
	P	....	....		+ 9,2		95,3		12	6	8
	G	....	....		+ 13,6		95,1		18		
98.	CG	8^{h} 20′	18..10..15,8	— 0,9	+ 2,9	+ 5,8	81	76	25	10	7
	P	....	25.. 0.. 5,5	+ 1,1	+ 15,7	+ 20,7	81	76,3	16	8	10
	G	....	26..11.. 4,3	+ 0,5	+ 17,1		89,2		24		
99.	CG	10^{h} 35′	18..11.. 1,3	+ 2,1	+ 4,3	......	90	....	....	....	0
	P	....	25.. 0.. 1,9	— 3,6	+ 21,3	+ 21,8	67,1	63,4	16	9	10
	G	....	26..11.. 2,1	— 2,2	+ 20,4		82,1		24		
100.	CG	12^{h} 20′	18..11.. 2,5	+ 1,2	+ 5,3	......	83,5	....	34	8	Variab
	P	....	24..11..15,1	— 2,8	+ 22,8	+ 22,9	66,4	63	17	9	10
	G	....	26..10..15,2	— 2,9	+ 21,4		81,5		22		
101.	CG	2^{h} s.	18..11.. 2,3	— 0,2	+ 6,1	......	79,5	....	34	....	Variabl
	P	....	24..11..13,6	— 1,5	+ 22,3	+ 24,5	65,7	64,5	19	9	8
	G	....	26..10..11,8	— 3,4	+ 21,5		83,3		24,5		
102.	CG	4^{h}	18..11.. 2,5	+ 0,2	+ 6,6	......	79,7	....	18	5	Var.abl
	P	....	24..11..10,7	— 2,9	+ 21,5	+ 22	64,2		19	9	8
	G	....	26..10.. 8,5	— 3,3	+ 21,2		84,6				
103.	CG	6^{h} 10′	18..11.. 4,1	+ 1,6	+ 4,3	......	92,5	....	....	....	.....
	P	....	25.. 0.. 0,1	+ 5,4	+ 17,7		75,3			8	1
	G	....	26..10.. 9,1	+ 0,6	+ 20,2		85,7		12		

…peurs.	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
3	G^2/N^2	Variable.	+ 2,8	19' 52"	+ 14	
2	2	SO	0,0	22' 30"	+ 16,8	
	2		+ 1,7			Quelques nuages au Nord.
3	1	SSO 3 variable.	+ 2,5	....	....	
3,3	2	N				
	2	E	+ 1,8			
6	1	SO^4	+ 2,5	....	....	La neige commence à se geler à sa surface. Horizon rougeâtre à l'Ouest.
2	2	NE	0,0			
	2	E	0,0			
B 7	B 7	SO^2	....	....	....	Epais brouillard. Lune non baignante. Mouchoir mouillé non gelé
0	0					
3	2	SO^1	+ 0,7	....	....	Nuages dans les vallées cachant l'horizon.
3,3	0	N				
	0	O	0,0			
2	1	SO^1	+ 1,1	....	....	Nuages diminués.
3,3	0	N	0,0			
	4		+ 1,0			Pommelures entre le N. et le NO. Nuages à l'Est à l'horizon. Rosée. Vapeur ?
2	3	Calme.	+ 2,2	....	....	Grand brouillard qui monte et va nous envelopper.
2	1	N				
	4	NE	+ 0,5			Pommelures entre le NE. et le NO. Nuages à l'Est à l'horizon. Vapeur sensible.
4	5	Calme.	+ 1,0	....	....	Grand brouillard ou nuage près de nos têtes.
2	0,2	ONO	0,0			
	4	NE	+ 0,6			Grands nuages blancs entassés à l'horizon entre le N. et l'O. Vapeur.
3	4	SO^1	+ 1,8	....	....	
2	2	O	0,0			
	4	NE	+ 0,5			Comme au numéro 100*.
.....	3	SO^4	+ 2,2	....	....	Nuages tout autour de l'horizon et au Mont-Blanc.
2	3,3	SO	0,0			
	5	NE	+ 0,4			Comme au numéro 100, mais les nuages plus grands.
4	3	Variable.	+ 2,2	....	....	Grands nuages en châteaux terminés nettement par en haut sur les montagnes à l'Est et chassés par le vent du Sud-Ouest.
2	3,3	SO	0,0			
	5	NE	+ 0,3			Comme au numéro précédent.
6	7	Calme ou SO^1	+ 1	....	....	Les châteaux se dissipent et se fondent.
3,3	7	SO	0,0			
	6	NE	+ 0,3			

* Faute de plume Ce doit être « Comme au numéro 99 ». *(Note de l'Editeur).*

Numéros des observations.	Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith.	Couleur du ciel à l'horizon.	Eclat du Soleil.
104. CG	**15.** 8h s.	18..11.. 6,7	+ 2,6	+ 3,2	....	99	....	....	....	......
P	....	25.. 0.. 3,5	+ 3,4	+ 15		79,1				
G	....	26..10..12,3	+ 3,2	+ 19,2		87,0				
105. CG	10h	....	....	+ 1,8	....	99	....	....	....	......
P	....	....		+ 13,3		89,7				
G	....	....		+ 17,2		87,1				
106. CG	12h	....	....	+ 1,5	....	99	....	....	....	......
P	....	....		+ 12,7		91,5				
G	....	....		+ 17,7		88,7				
107. CG	**16.** 4h 15'm.	....	....	+ 0,6	....	92,6	....	22	8	......
P	....	....		+ 11,4		95,0				
G	....	....		+ 13,4		92,0				
108. CG	6h	....	....	+ 1,5	....	91,5	....	....	....	1
P	....	....		+ 10,8		96,8			7	2
G	....	....		+ 15,6		90,0				
109. CG	8h	18..11.. 7	+ 0,3	+ 3,5	....	92,7	....	....	....	2
P	....	25.. 0..14,8	+ 11,3	+ 17,6	+ 19,4	75	74,1	15	8	5
G	....	26..11.. 7,8	+ 11,5	+ 18,6		85,3		24		
110. CG	10h	18..11..10,6	+ 3,6	+ 4,8	....	92	....	....	....	1
P	....	25.. 0.. 9,9	— 4,9	+ 20,0	+ 20,6	72	71,7	18	8	8
G	....	26..11.. 8,0	+ 0,2	+ 22,8		75,6		26,5		
111. CG	12h	18..11..10.1	— 0,5	+ 8,3	....	87	....	....	....	1
P	....	25.. 0.. 7,8	— 2,1	+ 21,7	+ 23,2	64,1	63	19	9	10
G	....	26..11.. 6,6	— 1,4	+ 25,0		68,1		24		
112. CG	2h 25 s.	18..11.. 9,7	— 0,4	+ 8	....	88	....	....	....	1
P	....	25.. 0.. 5,1	— 2,7	+ 18,9		71,8		20		2
G	....	26..11.. 3,5	— 3,1	+ 25,0		66,4		20		
113. CG	4h	18..11.. 8,9	— 0,8	+ 2,8	....	88	....	....	....	......
P	....	25.. 0.. 7,1	+ 2,0	+ 17,1		80,2				1
G	....	26..11.. 2,1	— 1,4	+ 24,2		67,9				
114. CG	6h	18..11.. 9,9	+ 1	+ 2,3	....	100	....	....	....	......
P	....	25.. 0..12,4	+ 5,3	+ 16,4		84,1				0
G	....	26..11.. 2,8	+ 0,7	+ 23,1		70,0		24		
115. CG	8h	18..11..11,3	+ 1,4	+ 2,1	....	99,5	....	....	....	......
P	....	25.. 1.. 1,4	+ 5,0	+ 14,2		96,0				0
G	....	26..11..10.2	+ 7,4	+ 22,7		75,6				

apeurs.	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
6	10	Calme ou SO	+ 1,0	....	....	Nuages tout près de nos têtes et brouillards dans les vallées. La surface de la neige n'est pas encore gelée.
3,3	8	SO				
	8	NE	+ 0,2			
6	G^{7}/N^{7}	N^{7}	+ 2	....	....	La Lyre scintille au travers du nuage gazeux qui passe sous elle. Eclairs et tonnerre à l'Est.
0	8					
......	6	S/N	+ 0,3	....	....	Les vallées sont remplies de nuages accumulés à plusieurs étages.
0	8		0,0			
			0,0			
4	3	N^{1}	+ 0,2	....	....	Limbe violet à l'Ouest. Mont-Blanc couvert. Nuages répandus dans les vallées.
3,3	7	SO	0,0			
	2	O	0,0			
4	4	SO^{1}	+ 0,3	....	....	Ciel couvert au Sud.
5	3,3	E	0,0			
......	G^{8}/B^{8}/N^{8}	Calme.	+ 2	....	....	Brouillard qui monte à nous et qui cache tout le côté de l'Italie.
2	2	NE	0,0			
	2		+ 0,4			Nuages à l'horizon entre l'Est et le Sud. Vapeur.
......	Brouillard plus ou moins.	SO^{2}	+ 1	....	....	Brouillard très près de nous. Vent faible venant tantôt du Sud-Est, tantôt du Sud-Ouest. — Pluye médiocre à 11 heures et quart.
2	2,	O				
	3	NO^{2}	+ 0,7			Nuages épais entassés à l'horizon entre le Nord et l'Ouest. Vapeur.
......	G^{8}/B^{8}/N^{8}	Variable.	+ 0,5	....	....	Brouillard comme au numéro 110.
2	2	SO	0			
	4	NO^{2}	+ 1,1			Tout l'horizon chargé de gros nuages excepté au Sud. Vapeur.
4	9	SO/Calme.	+ 1,7	....	....	Brouillard au Mont-Blanc.
2	8	SO	0,0			
	4	O^{2}	+ 0,9			Les nuages s'élèvent surtout à l'Est.
4	8	NO^{2}	+ 1,2	....	....	Vers les 5 $^{1}/_{2}$ heures, tonnerre, grésil, neige et enfin pluye.
3,3	8	SO	+ 0,2			
	3	O^{2}	+ 0,6			
B 3	10	NO^{2}	Positive et infinie.	....	....	Le mauvais temps continue.
7	10	SO	0,0			Pluye à verse.
	8	O	+ 0,5			Quelques nuages au Nord. Tout le ciel strié.
B 3	10	Calme.	Positive et infinie.	....	....	Pluye fine. C'est apparemment le brouillard qui produit cette grande électricité, car il n'y a point d'orage. Tentes gelées toute la nuit. — *(A la ligne Genève:)* Nuages légers.
5	8	SO	0,0			
	6	SO				

Numéros des observations	Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith,	Couleur du ciel à l'horizon.	Eclat du Soleil.
116. CG	17. 4^h m.	....	......	+ 0,9	......	95,0	......	13	4	......
P	....	....		+ 8,9		96,0		14	5	8
G	....	....		+ 13,0		99,0				
117. CG	6^h	....	......	+ 1,7	+ 2,8	93,2	87,5	28	7	4
P	....	....		+ 9,4		98,3		14	6	8
G	....	....		+ 16,0		92,0				
118. CG	8^h	18..11.. 9,7	— 1,6	+ 3,2	+ 6,1	95	87,5	......	......	Variable
P	....	25.. 0..13,3	— 4,1	+ 16,6	+ 20	80,1	77,6	18	8	10
G	....	26..11..13,4	+ 3,2	+ 18,7		86,8		22,5		
119. CG	10^h	18..11.. 8,6	— 1,1	+ 4,6	+ 4,9	92	91	......	......	1
P	....	25.. 0..11,8	— 1,5	+ 19,1	+ 21,5	74,2	72,3	19	8	8
G	....	26..11..11,7	— 1,7	+ 21,9		81,5		25		
120. CG	12^h 15′	18..11..10,5	+ 1,9	+ 6	+ 6	89	89	......	......	1
P	....	25.. 0.. 9,3	— 2,5	+ 20,6	+ 22,8	72,0	70,1	19	9	8
G	....	26..11.. 8,3	— 3,4	+ 24,7		71,3		24		
121. CG	2^h s.	18..11..11,1	+ 0,0	+ 4,7	+ 6,8	84,7	79,5	31	......	6
P	....	25.. 0.. 6,5	— 2,8	+ 19,9	+ 22,3	73,1	70,0	19	9	7
G	....	26..11.. 5,6	— 2,7	+ 24,9		66,7		17		
122. CG	4^h	18..11.. 8,4	— 2,7	+ 4,2	+ 5,3	86	82	26	4 1/2	5
P	....	25.. 0.. 4,0	— 2,5	+ 19,6	+ 19,9	72,3	71,4	20	9	3.3
G	....	26..11 . 3,3	— 2,3	+ 24,1		65,9		12,4		
123. CG	6^h	18..11.. 8	— 0,4	+ 2,8	......	87	......	14	3	......
P	....	25.. 0.. 4,5	— 0,5	+ 18,1		80,1				0
G	....	26..11.. 3,9	+ 0,6	+ 22,5		67,6		13		
124. CG	8^h	18..11.. 8,2	+ 0,2	+ 2,7	......	97	......	......	......	......
P	....	25.. 0..14,8	+ 10,3	+ 16,3		80				0
G	....	26..11.. 8,6	+ 4,7	+ 21,2		72,7				
125. CG	10^h 50′	....	......	+ 1,6	......	90	......	......	......	......
P	....	....		+ 14,0		87,2				
G	....	....		+ 18,4						
126. CG	18. 12^h 25′m.	....	......	+ 1,1	......	95	......	......	......	......
P	....	....		+ 13,4		90,8				
G	....	....		+ 17,3						
127. CG	5^h	....	......	+ 0,6	......	100	......	......	......	......
P	....	....		+ 12		96,7				
G	....	....		+ 15,1		98,0				

peurs.	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
5	0,5	N^1	0,0	....	....	Gelée blanche. Limbe violet à l'Ouest.
5	1	NE	0,0			
	0	O	0,0			
5	1	SO^1	0	....	....	Nuages oblongs dirigés de l'Est à l'Ouest.
5	0	N	0			
4	2	OSO^2	+ 1	....	....	Nuages ou brouillards montant rapidement à nous du fond de l'Allée-Blanche.
3,3	1	SO	0			
	7		+ 0,2			Nuages au Nord presque jusques au zénith. Ciel strié et sa couleur sous les stries 12.
B 1	8	SE^1	+ 0,5	....	....	Brouillard très rare venant de l'Allée-Blanche.
3,3	3,3	NO	0			
	5	NE				Gros nuages à l'horizon.
3	7	OSO ou Calme	+ 0,5	....	....	Les nuages se sont élevés jusques au-dessus du Géant, c'est-à-dire à*......., mais le Mont-Blanc en est encore enveloppé.
2	4,5	SO	0,0			
	5	O^2	+ 0,4			Nuages tout autour de l'horizon.
2,5	5	Variable.	+ 2	....	....	Comme à 120, et de plus gros nuage blanc au Nord du Mont-Blanc. Le vent varie de tous les points de l'horizon.
2,5	5	SO	0			
	5	NO^2	+ 0,2			Comme 120.
2	4	NNE 3 descendant.	+ 1,5	....	....	Nuage comme petite fumée à la cime du Mont-Blanc et gros nuages derrière. Le vent descend pour l'ordinaire, mais monte aussi quelquefois.
3,3	7,5	SO	0,0			
	5	NO^2	0,0			
4	6	NNE^2	Positive et infinie.	....	....	Orage au Nord. Neige déjà prise à la surface. Cet orage nous atteint vers les 7 heures avec pluye et sans neige. — Petite pluye et tonnerre *(au Prieuré)*.
5	8	SO	+ 4,5			
	8	NO	+ 1,2			
3 6	10	N^3	+ 1,5	....	....	
3,3	10	SO	0			
	10	NE				Pluye et tonnerres à 9 heures.
.....	10	N^3	....	....	....	Lune baignante, nuages bas, épais ; à l'Ouest neige et mouchoirs gelés, mais non pas l'eau dans un sceau sur la neige.
0	10		0			
6	6	Calme.	+ 0,7	....	....	Beau clair de lune, mais grands nuages entassés au NNO.
	10					
B 8	B 8	N^2	+ 3,5	....	....	Brouillard épais mêlé de pluye.
8	9	E	0			Petite pluye à 4 heures du matin.
	10	O	0,0			

* Resté en blanc dans le manuscrit *(Note de l'Editeur)*.

Numéros des observations.	Jour et Heure.	Baromètre corrigé.	Différences.	Thermomètre à l'ombre	Thermomètre au soleil.	Hygromètre à l'ombre.	Hygromètre au soleil.	Couleur du ciel au zénith.	Couleur du ciel à l'horizon.	Éclat du Soleil.
128. CG	18. 6h m.	....	......	+ 1,3	....	98	....	....	....	2
P	....	....		+ 12		94,2				
G	....	....		+ 16,3		97,7				
129. CG	8h	18..11.. 4	— 4,2	+ 1	....	96	....	....	....	1
P	....	25.. 1.. 5,8	+ 7,0	+ 15,5		83,2				1
G	....	27.. 0.. 9,2	+ 16,6	+ 18,4		92,7				
130. CG	10h 20′	18..11.. 5,2	+ 1,2	+ 3,8	....	93,5	....	....	....	0
P	....	25.. 1.. 3,4	— 2,4	+ 17,0	+ 18,9	82,5	81,6	19		8
G	....	27.. 0.. 8,4	— 0,8	+ 20,0				24		
131. CG	12h	18..11.. 7,5	+ 2,3	+ 2,5	....	92	....	....	....	1
P	....	25.. 1.. 1,8	— 1,6	+ 20,9	+ 21,0	77,1	75,3	20		8
G	....	27.. 0.. 7,0	— 1,4	+ 20,8		78,3		21,5		
132. CG	2h 15′ s.	18..11.. 9,8	+ 2,3	+ 4,3	....	90	....	34	....	7 ±
P	....	25.. 1.. 1,4	— 0,4	+ 18,4		72,5		22		2
G	....	27.. 0.. 6,3	— 0,7	+ 21,4		73,6		18		
133. CG	6h	18..11..10,4	+ 0,6	+ 2,1	....	95	....	22	....	6
P	....	25.. 1.. 4,4	+ 3,0	+ 16,1		79,1		20	8	2
G	....	27.. 0.. 7,6	+ 1,3	+ 20,3		78,5		15,5		
134. CG	8h s.	19.. 0.. 1,4	+ 7	+ 0,5	....	100	....	10	....	....
P	....	25.. 1.. 9,5	+ 5,1	+ 15,3		82,5		18		0
G	....	27.. 0..11,9	+ 4,3	+ 18,6		80,1				
135. CG	10h	....	......	+ 0,8	....	90	....	....	....	....
P	....	....		+ 11,4		96				
G	....	....		+ 16,1						
136. CG	Minuit.	....	......	+ 1	....	87	....	....	....	....
P	....	....		+ 10,4		96,5				
G	....	....		+ 14,4						
137. CG	19. 4h m.	....	......	+ 0,7	....	100	....	13	6	....
P	....	....		+ 8,4		97,4		16	5	8
G	....	....		+ 10,9		99,0				
138. CG	6h	....	......	+ 2,8	+ 4,5	93,5	89,5	22	7	6
P	....	....		+ 8,3		99,3		17	7	8
G	....	....		+ 15,2		93,2		12		
139. CG	8h 30′	19.. 0.. 4	+ 2,6	+ 5,5	+ 7,5	95,5	89	....	....	1
P	....	25.. 1..11,0	+ 1,5	+ 15,8	+ 19,4	80,8	78,2	19	8	10
G	....	27.. 1.. 2,8	+ 6,9	+ 17,7		87,4		20		

…peurs.	Nuages.	Vent.	Electricité.	Magnétomètre.	Therm. du Magnét.	OBSERVATIONS DIVERSES
3	7	N²	+ 0,5	....	....	Le temps se découvre à l'Ouest. Ciel couvert d'une gaze générale.
5	8	NE				
	9	N	0,0			
......	8	NNE³	0,0	....	....	Un brouillard épais menace de nous envahir.
3,3	8	NO				
	7	N	+ 0,2			Grands nuages noirs autour des montagnes.
B 8	B 8	Calme.	0,0	....	....	Le brouillard est venu nous envahir, mais depuis l'observation de l'hygromètre.
3,3	6,7	NO	0,0			
	5	NE	+ 0,2			Grands nuages noirs surtout au Nord.
VB 4	8	NNE¹	+ 1,0	....	....	Brouillard dissipé, quelques places claires dans le ciel, qui est toujours couvert au zénith et à l'horizon.
3,3	6,7	NO	0,0			
	5	NE²	+ 0,5			
2	8	NNE²	+ 0,5	....	....	Le soleil se cache par intervalles.
2,5	5	SO	0,0			
	5	NE²	+ 1,1			Grands nuages au Nord-Ouest.
3	G¹/N³	NNE²	+ 0,2	....	....	Quelques gazes dans le ciel, nuages entassés à l'horizon. Neige gelée
	5	SO/SE	0,0			
	3	NE	+ 0,2			Les nuages diminuent et disparaissent enfin à 7 heures.
6	N³/G³	Calme ou SO¹	0,0	....	....	Ciel rouge à l'Ouest et au Nord-Ouest. Limbe pourpre à l'horizon. Magnifique soirée.
3,3	5	SO	0,0			
	3	NE	+ 0,5			
…n haut en bas.	1	SE¹	0,0	....	....	Lune éclatante, vapeur épaisse sous l'horizon, nulle au-dessus. Rosée blanche sur les tentes. Eau de chaux gelée dans un gobelet sur la neige.
0	9		0,0			
en haut en bas.	1	O²	0,0	....	....	Comme 135.
0	6					
5	0,2	Calme.	0,0	....	....	Limbe violet à l'Ouest. Nuages cotonneux sur les montagnes à l'Est.
3,3	0	N	0,0			
	0	O	0,0			
5	0,3	Calme.	0,0	....	....	Nuages cotonneux sur les montagnes à l'Est.
5	1	N	0,0			
	2	NO	+ 0,2			Nuages légers entre le Nord et l'Ouest.
…uillard rare.	Brouillard très rare.	OSO¹	+ 0,8	....	....	Il est remarquable que le soleil affecte autant le thermomètre et l'hygromètre, quoique le brouillard absorbe les $^{9}/_{10}$ de son éclat.
2	2	O	0,0			
	3	NE	+ 0,4			Nuages légers autour de l'horizon.

Moyennes pour la chaleur au Col du Géant.

HEURES	5e juillet.	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e	13e	14e
Jour 6 h. m.	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,5	+ 0,8	+ 1,3	+ 1,6	+ 4,8	+ 3,3	+ 3,0	+ 3,0
8 h.	+ 0,6	0	+ 1,5	+ 2,3	+ 3,3	+ 3,2	+ 5,8	+ 5,0	+ 3,3	+ 4,7
10 h.	+ 0,7	0	+ 3,6	+ 2,8	0	+ 4,8	+ 6,1	+ 6,8	+ 4,9	+ 5,8
Midi.	+ 3	— 1,5	+ 3,3	+ 3,0	+ 2,3	+ 4,3	+ 8,0	+ 4,3	+ 8,6	+ 5,9
2 h.	+ 1,5	— 1,2	+ 3,3	+ 5,7	+ 2,5	+ 3,3	+ 8,0	+ 6,3	+ 4,7	+ 6,8
4 h.	+ 1	— 1	+ 1,7	+ 4,0	+ 2,8	+ 2,8	+ 3,9	+ 4,4	+ 8,0	+ 6,7
6 h.	+ 0,2	— 2,2	+ 1,5	+ 2,1	+ 2,2	+ 3,5	+ 2,3	+ 4,3	+ 3,3	+ 4,3
8 h.	— 0,4	— 1,8	+ 0,5	— 0,2	+ 0,3	+ 2,5	+ 1,0	+ 3,1	+ 3,1	+ 2,8
Nuit 10 h. s.	0	— 1,4	— 0,2	+ 0,1	+ 0,5	+ 2,3	+ 1,8	+ 1,8	+ 2,1	+ 2,0
Minuit.	— 0,4	— 1,0	+ 0,1	0	+ 0,4	+ 1,1	+ 2,0	+ 1,7	+ 1,1	+ 1,4
* 2 h.	— 0,8	— 0,5	— 0,2	— 0.1	+ 0,3	+ 1,5	+ 1,9	+ 1,7	+ 0,2	+ 1,0
4 h.	— 1,2	0	— 0,4	— 0,2	+ 0,3	+ 1,6	+ 1,8	+ 1,7	— 0,7	+ 0,7
Somme des 24 heures	+ 4,5	—10,3	+15,8	+20,3	+16,2	+32,5	+47,4	+44,4	+41,6	+45,1
Moyenne des 24 heures	+ 0,375	— 0,858	+ 1,267	+ 1,691	+ 1,350	+ 2,708	+ 3,950	+ 3,700	+ 3,472	+ 3,7
Somme du jour . . .	+ 6,9	— 7,4	+15,9	+20,5	+14,7	+26,0	+39,9	+37,5	+38,9	+40,0
Moyenne du jour. . .	+ 0,862	— 0,925	+ 1,325	+ 2,562	+ 1,837	+ 3,250	+ 4,999	+ 4,687	+ 4,862	+ 5,0
Somme de la nuit. .	— 2,4	— 2,9	— 0,8	— 0,2	+ 1,5	+ 6,5	+ 7,5	+ 6,9	+ 2,7	+ 5,1
Moyenne de la nuit.	— 0,6	— 0,725	— 0,2	— 0,05	+ 0,375	+ 1,625	+ 1,875	+ 1,725	+ 0,675	+ 1,2

* Ces moyennes ne sont pas toutes justes. *(Note de l'Auteur).*

— Dans ce tableau et dans le suivant les observations marquées vis-à-vis de II^h m. et de IV^h m., appartiennent réellement au lendemain. Ainsi — 1,2 à IV^h m. du 5 appartient au 6.

15e	16e	17e	18e	Jour.	Moyenne des 24 heures.	Moyenne du jour.	Moyenne de nuit.	Moyennes des heures*.
3,7	+ 1,5	+ 1,7	+ 1,3	5	+ 0,375	+ 0,862	— 0,600	+ 1,936
3,0	+ 3,5	+ 3,2	+ 1,0	6	— 0,858	— 0,925	— 0,725	+ 2,886
4,1	+ 4,8	+ 4,6	+ 3,4	7	+ 1,267	+ 1,325	— 0,200	+ 3,743
5,2	+ 8,3	+ 5,9	+ 2,5	8	+ 1,691	+ 2,562	— 0,050	+ 4,507
6,1	+ 8,1	+ 6,8	+ 4,1	9	+ 1,350	+ 1,837	+ 0,375	+ 4,714
6,6	+ 2,8	+ 5,3	+ 3,2	10	+ 2,708	+ 3,250	+ 1,625	+ 3,729
4,4	+ 2,3	+ 2,8	+ 2,1	11	+ 3,950	+ 4,999	+ 1,875	+ 2,364
3,2	+ 2,1	+ 2,7	+ 0,5	12	+ 3,700	+ 4,687	+ 1,725	+ 1,386
				13	+ 3,472	+ 4,862	+ 0,675	+ 1,107
1,8	+ 1,8	+ 2,1	+ 0,8	14	+ 3,758	+ 5,000	+ 1,275	+ 0,821
1,5	+ 1,5	+ 1,1	+ 1,0	15	+ 3,442	+ 4,538	+ 1,250	+ 0,639
1,1	+ 1,2	+ 0,8	+ 0,9	16	+ 3,233	+ 4,175	+ 1,350	+ 0,457
0,6	+ 0,9	+ 0,6	+ 0,7	17	+ 3,133	+ 4,125	+ 1,150	
41,3	+38,8	+37,6	+21,5	18	+ 1.792	+ 2,263	+ 0,850	
3,442	+ 3,233	+ 3,133	+ 1,792	Sommes	+ 33,013	+ 43,560	+ 10,575	Somme 28,289
36,3	+33,4	+33,0	+18,1					
4,538	+ 4,175	+ 4,125	+ 2,263	Moyennes ou 14es	+ 2,358	+ 3,111	+ 0,755	Moyenne 2,021*
5,0	+ 5,4	+ 4,6	+ 3,4					
1,250	+ 1,350	+ 1,150	+ 0,850					

Les moyennes de cette colonne ont été calculées et vérifiées avec beaucoup d'exactitude ; celles des autres ne méritent pas ınt de confiance. *(Note de l'Auteur).*

Moyennes pour la chaleur au Prieuré de Chamouni.

Heures.	5e juillet.	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e	13e	14e	15e	16e	17e	18e	Moyenne des heures
VI. m.	11,2	8,7	8,8	12,5	10,6	10,4	8,6	11,5	9,0	9,9	9,2	10,8	9,4	12,0	10,186
VIII.	10,8	10,6	12,4	14,6	12,3	16,6	16,5	16,8	17,6	13,4	15,7	17,6	16,6	15,5	14,786
X.	11,9	13,9	15,0	15,7	13,0	19,3	20,7	19,5	21,4	16,5	21,3	20,0	19,1	17,0	17,450
XII.	13,9	15,4	15,8	20,0	15,4	22,3	21,3	20,7	24,0	18,7	22,8	21,7	20,6	20,9	19,536
II. s.	14,0	15,0	18,5	19,5	15,7	19,7	23,5	21,3	20,0	19,7	22,3	19,3	19,9	18,5	19,064
IV.	13,9	14,6	18,4	18,7	15,3	18,1	18,7	18,8	19,7	19,1	21,5	17,1	19,6	17,4	17,921
VI.	13,6	13,6	15,4	15,0	14,4	16,9	16,9	17,2	15,7	16,7	17,7	16,4	18,1	16,1	15,979
VIII.	12,7	13,2	13,5	13,8	13,3	15,3	15,6	15,3	14,3	13,9	15,0	14,2	16,3	15,3	14,407
X.	10,4	10,6	11,0	10,6	11,6	12,4	14,9	11,7	13,0	11,4	13,3	12,5	14,4	11,4	12,086
XII.	9,5	9,0	10,7	10,1	10,8	11,3	12,7	11,3	11,8	11,4	12,7	11,3	13,6	10,4	11,186
II. m.	8,7	7,4	10,3	9,7	10,1	10,3	10,6	10,9	10,7	11,3	12,0	10,1	12,8	9,4	10,307
IV *	7,9	5,9	10,0	9,3	9,4	9,2	8,5	10,5	9,6	11,3	11,4	8,9	11,9	8,4	9,444
															Somme. 172,352
															Moyenne. 14,363

* Ce tableau ne porte pas de note de l'auteur. Voyez la note de la page 31. *(Note de l'Editeur).*

Moyennes pour la chaleur à Genève.

Heures.	5e juillet.	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e	13e	14e	15e	16e	17e	18e	Moyenne des heures
VI. m.	13,5	11,0	11,6	+11,6	15,8	14,4	15,7	16,0	15,6	13,8	13,6	15,6	16,0	16,3	14,321
VIII.	13,7	12,2	13,6	13,6	16,6	16,6	18,1	18,3	18,1	15,8	16,9	18,6	18,7	18,4	16,371
X.	14,0	13,7	16,3	16,5	18,4	20,2	20,0	20,8	21,6	17,7	19,6	22,8	21,9	19,8	18,807
XII.	14,4	15,2	19,0	19,5	21,3	21,2	22,3	23,0	24,7	19,3	21,3	25,0	24,3	20,8	20,807
II. s.	15,1	16,8	20,5	21,5	23,6	23,0	24,0	24,5	25,0	20,8	21,5	25,0	24,9	21,3	21,964
IV.	14,3	15,0	18,7	20,2	23,0	22,2	23,0	22,8	21,8	19,1	21,2	24,2	24,1	20,8	20,743
VI.	13,8	14,6	16,9	19,0	18,5	21,0	21,9	22,3	19,3	19,3	20,3	23,1	22,5	20,3	19,486
VIII.	13,3	14,2	15,4	17,3	17,5	19,5	20,4	22,0	17,6	18,2	19,2	20,9	21,2	18,6	18,236
X.	12,5	13,0	13,8	15,8	16,5	17,1	18,3	19,1	15,9	16,3	17,7	19,0	19,7	16,1	16,486
XII.	11,6	11,9	12,3	14,4	15,0	15,7	16,3	16,8	14,2	14,3	16,3	17,0	18,2	14,4	14,886
II. m	10,8	10,8	11,0	13,0	13,6	14,3	14,9	14,9	12,5	12.3	14,9	15,0	16,6	12,7	13,379
IV.	13,0	10,0	9,7	9,1	11,5	12,1	12,9	+ 3,0	13,0	10,8	10,4	13,4	13,0	15,1	11,929
															Somme 207,415
															Moyenne 17,285

NB. — Dans ce tableau l'observation marquée à 2 heures après minuit appartient au lendemain, mais celle qui est à IV h. est bien du même jour*. Il faudra recopier cela en ordre *(Note de l'Auteur)*.

* Il n'est pas dit s'il en est de même pour le tableau de la page 30. *(Note de l'Editeur)*.

Nota. — Il n'est peut-être pas superflu d'avertir le lecteur que chacune des mentions figurant à colonne des *Observations diverses* (pp. 4-27), se rapporte d'une manière précise ou bien au *Col du*

Géant, ou bien au *Prieuré*, ou bien à *Genève :* qu'il ne faut donc pas oublier de remarquer à laquelle d trois lignes CG, P ou G correspond le commencement de chaque alinéa. Ainsi, au numéro 120, l'observa tion « Les nuages se sont élevés, etc. » concerne le *Col du Géant ;* l'observation placée au-dessous « Nuag tout autour de l'horizon » concerne *Genève*, et il n'y a *point d'observation* relative au *Prieuré* à ce nu méro. A cet égard, et malgré nos efforts, le tableau imprimé s'est trouvé être moins clair pour l'œil q le cahier original, où aucune hésitation n'est possible.

LISTE DES ASSOCIATIONS SCIENTIFIQUES

AVEC LESQUELLES LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

FAIT ÉCHANGE DE PUBLICATIONS

Société de lecture	GENÈVE.
Classe d'industrie de la Société des Arts	Id.
Conservatoire botanique	Id.
Société helvétique des Sciences naturelles	BERNE.
Société botanique suisse	Id.
Naturforschende Gesellschaft	BALE.
Société vaudoise des Sciences naturelles	LAUSANNE.
Société des Sciences naturelles	NEUCHATEL.
St-Gallische naturwissenchaftliche Gesellschaft	St-GALL.
Naturforschende Gesellschaft	ZURICH.
Thurgauische Naturforschende Gesellschaft	FRAUENFELD.
Aargauische Naturforschende Gesellschaft	AARAU.
Académie des Sciences	PARIS.
Museum d'Histoire naturelle	Id.
École des mines	Id.

Société de géographie	PARIS.
Société géologique de France	Id.
Société entomologique de France	Id.
Société zoologique de France	Id.
École polytechnique	Id.
Académie des Sciences et Belles-Lettres	ANGERS.
Société d'Études scientifiques	Id.
Société Linnéenne	BORDEAUX.
Société des Sciences physiques et naturelles	Id.
Société Linnéenne de Normandie	CAEN.
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts	CHAMBÉRY.
Société des Sciences naturelles	CHERBOURG.
Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres	DIJON.
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts	LYON.
Société d'Agriculture, Histoire naturelle et Arts utiles	Id.
Académie des Sciences et Lettres	MONTPELLIER.
Académie de Stanislas	NANCY.
Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres	TOULOUSE.
Société Florimontane	ANNECY.
Société des Sciences naturelles de la Charente-Inférieure	LA ROCHELLE.
Société d'Étude des Sciences naturelles	BÉZIERS.
Société des Amis des Sciences naturelles	ROUEN.
R. Accademia dei Lincei	ROME.
R. Ufficio geologico d'Italia	Id.
Musée de géologie de l'Université	Id.
R. Istituto Lombardo	MILAN.
Societa Italiana delle Scienze naturali	Id.
R. Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti	MODÈNE.
Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti	PALERME.
Societa Toscana delle Scienze naturali	PISE.
R. Accademia delle Scienze	TURIN.
R. Istituto Veneto delle Scienze, Lettere ed Arti	VENISE.
Museo Civico di Storia naturale	GÊNES.
Societa Veneto-Trentina delle Scienze naturali	PADOUE.

R. Accademia delle Scienze dell'Istituto	BOLOGNE.
Accademia Petrarca	AREZZO.
K. Akademie der Wissenchaften	VIENNE.
K. K. Geologische Reichsanstalt	Id.
K. K. Zoologisch-botanische Gesellschaft	Id.
K. K. Geographische Gesellschaft	Id.
Section fur Naturkunde des ö. T. C.	Id.
Verein der Geographen an der Universität	Id.
Académie des Sciences de Hongrie	BUDA-PESTH.
K. Böhmische Gesellschaft der Wissenchaften	PRAGUE.
Société des Naturalistes	JASSY.
Jardin impérial de Botanique	SAINT-PÉTERSBOURG.
Observatoire central de Physique	Id.
Académie impériale des Sciences	Id.
Dorpates Naturforscher Gesellschaft	DORPAT.
Société des Sciences de Finlande	HELSINGFORS.
Société impériale des Naturalistes	MOSCOU.
Société Physico-Mathématique	KASAN.
Académie des Sciences	STOCKHOLM.
Université de Lund	LUND.
Société royale des Sciences	UPSAL.
Société des Sciences	CHRISTIANIA.
Musée de Bergen	BERGEN.
Académie royale	COPENHAGUE.
Akademie der Wissenchaften	BERLIN.
Deutsche geologische Gesellschaft	Id.
Physikalisch-öconomische Gesellschaft	KÖNIGSBERG.
Naturforschende Gesellschaft	DANTZIG.
Gesellschaft für Medicin und Naturwissenchaften	IENA.
Naturwissenchaftlicher Verein	HALLE.
Naturforschende Gesellschaft	Id.
K. Leop. Carol. Akademie der Naturforscher	Id.
K. Gesellschaft der Wissenchaften	GOTTINGUE.
Naturhistorischer Verein	BONN.

Schlesische Gesellschaft für Vaterländische Cultur	BRESLAU.
K. Sächsische Gesellschaft der Wissenchaften	LEIPZIG.
Naturwissenchaftlicher Verein	Id.
K. Bayerische Akademie der Wissenchaften	MÜNICH.
Gesellschaft für Morphologie und Physiologie	Id.
Physikalisch Medicinische Gesellschaft	WÜRZBOURG.
Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft	FRANCFORT s/M.
Verein für vaterländische Naturkunde................	STUTTGART.
Naturforschende Gesellschaft	FRIBOURG EN BRISG.
Société industrielle	MULHOUSE.
Naturhistorischer Verein	PASSAU.
Naturhistorischer Verein	AUGSBOURG.
Naturwissenchaftlicher Verein	FRANCFORT s/O.
Westfählich Provinzial Verein	MÜNSTER.
Wetterauische Gesellschaft	HANAU.
Naturhistorische Gesellschaft	HANOVRE.
Naturwissenchaftlicher Verein	ELBERFELD.
Verein für Naturwissenschaft......................	BRÜNSWICK.
Verein für Naturkunde	ZWICKAU.
Verein für Naturwissenchaftlicher Unterhaltung.........	HAMBOURG.
Bayerische botanische Gesellschaft..................	MÜNICH.
Academie royale des Sciences	LISBONNE.
Institut géographique et statistique	MADRID.
Académie royale des Sciences	AMSTERDAM.
Société royale zoologique	Id.
Société hollandaise des Sciences	HARLEM.
Fondation de P. Teyler van der Hulst	Id.
École polytechnique	DELFT.
Académie royale des Sciences	BRUXELLES.
Société entomologique	Id.
Société royale malacologique	Id.
Société libre d'émulation	LIÉGE.
Institut royal Grand Ducal	LUXEMBOURG.
British Association for Advancement of Science	LONDRES.

Royal Society	LONDRES.
Royal Institution	Id.
Royal Astronomical Society	Id.
Royal Microscopical Society	Id.
Royal Geographical Society	Id.
Linnean Society	Id.
Zoological Society	Id.
Entomological Society	Id.
Geological Society	Id.
Journal Nature	Id.
Philosophical Society	CAMBRIDGE.
Literary and Philosophical Society	MANCHESTER.
Literary and Philosophical Society	LIVERPOOL.
Biological Society	Id.
Royal Society	EDIMBOURG.
Royal Physical Society	Id.
Laboratory, R. College of Physicians	Id.
Geological Society	Id.
Royal Irish Academy	DUBLIN.
Royal Dublin Society	Id.
Royal Geological Society	Id.
Smithsonian Institution	WASHINGTON.
U. S. Geological Survey	Id.
Departement of Agriculture	Id.
Philosophical Society	Id.
American Academy of Arts and Sciences	BOSTON.
Boston Society of Natural History	Id.
Association for Advancement of Sciences	SALEM.
Museum of Harvard College	CAMBRIDGE.
Peabody Academy of Sciences	SALEM.
Essex Institute	Id.
Rochester Academy of Sciences	ROCHESTER.
Academy of Arts and Sciences	NEW-HAVEN.
American Journal	Id.

American Philosophical Society	PHILADELPHIE.
Academy of Natural Sciences	Id.
Academy of Sciences	NEW-YORK.
Albany Institute	ALBANY.
Kansas Academy of Sciences	TOPEKA.
Society of Natural Sciences	BUFFALO.
The Public Museum	MILWAUKEE.
Royal Society of Canada	MONTREAL.
Canadian Institute	TORONTO.
Nova Scotian Institute	HALIFAX.
Deutscher Wissenchaftlicher Verein	SANTIAGO.
Académie des Sciences de la République Argentine	CORDOBA.
Société scientifique Antonio Alzate	MEXICO.
Musée national de Costa Rica	SAN JOSÉ.
Musée de la Plata	LA PLATA.
Asiatic Society of Bengal	CALCUTTA.
Geological Survey of India	Id.
Société royale des Sciences naturelles	BATAVIA.
Linnean Society	SIDNEY.
New-Zealand Institute	WELLINGTON.
Royal Society of Queensland	BRISBANE.
Royal Society of Victoria	MELBOURNE.
Royal Society of South Australia	ADELAÏDE.
Seismological Society of Japan	TOKIO.

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

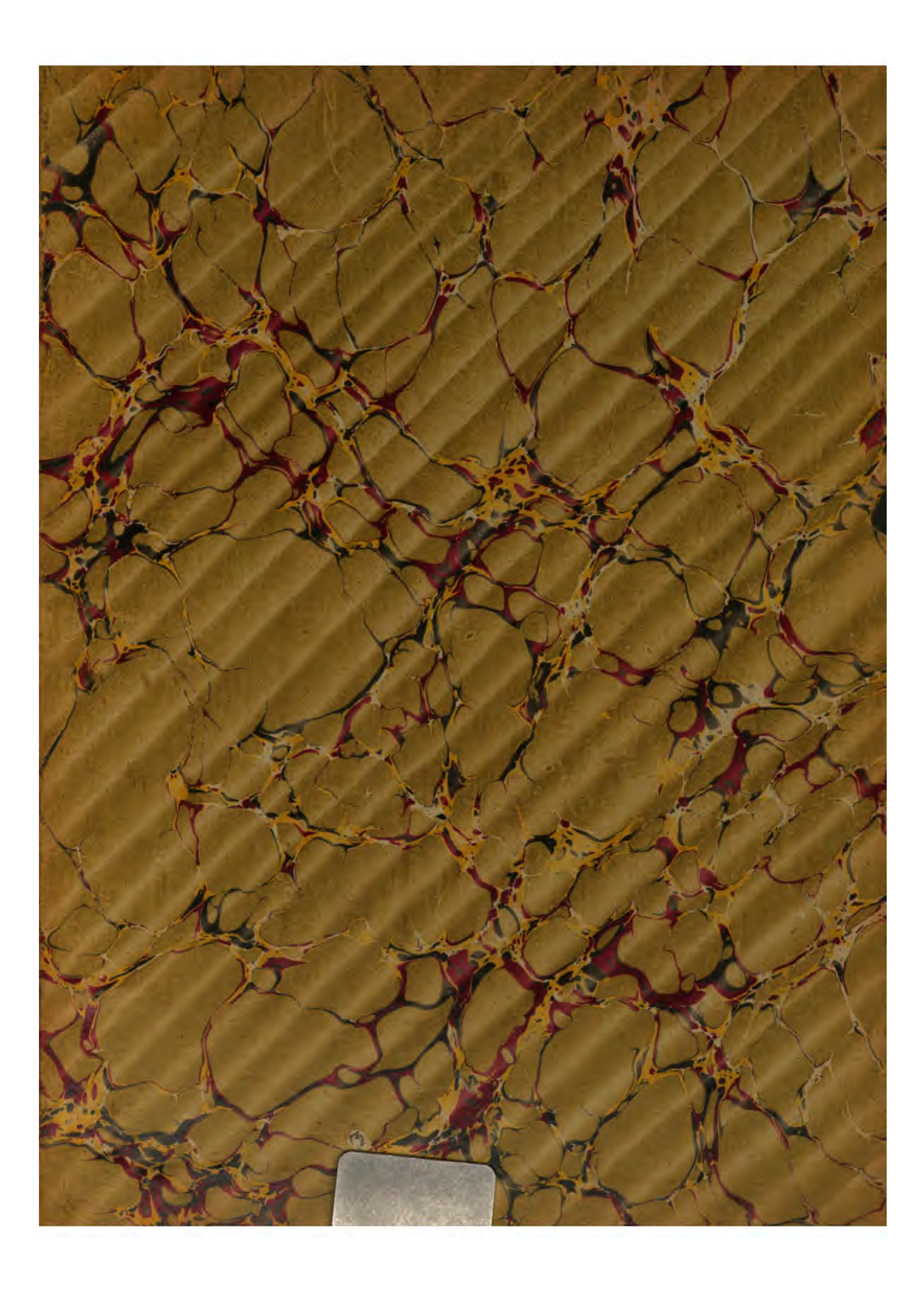
CONTENUES DANS LE VOLUME SUPPLÉMENTAIRE

DES

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

	Nombre de pages	Nombre de planches
1. Coup d'œil rétrospectif sur le premier siècle d'existence de la Société, par M. le D[r] A.-H. Wartmann	26	—
2. Notices sur les recherches relatives à la chaleur rayonnante faites par Pierre Prévost, par M. L. de la Rive	28	—
3. Les idées de M. H.-B. de Saussure sur la géologie de quelques montagnes de la Savoie, par M. le Prof. L. Duparc	15	—
4. Recherches sur l'appareil respiratoire central, par M. le Docteur H. Girard	147	42
5. Note sur l'impossibilité de faire passer de la chaleur dans un corps plus chaud sous forme rayonnante, par M. C. Cellérier	15	—
6. Recherches sur les inflorescences épiphylles, par M. C. de Candolle.	37	2
7. Monographia Polygalacearum, 1[re] partie, par M. le Prof. R. Chodat	143	12
8. Notes pour servir à l'étude des Échinodermes, par M. P. de Loriol.	31	3
9. Observations météorologiques faites au Col du Géant, par H.-B. de Saussure	32	1
10. Liste des associations scientifiques correspondantes	7	—






Widener Library
3 2044 092 741 917